

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JONES ANSCHAU

**PROPOSTA DE UM MÉTODO DE GESTÃO DE LUBRIFICAÇÃO
INDUSTRIAL PARA INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS**

**CURITIBA
2017**

JONES ANSCHAU

**PROPOSTA DE UM MÉTODO DE GESTÃO DE LUBRIFICAÇÃO
INDUSTRIAL PARA INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, na Área de Concentração em Inovação e Tecnologia, Linha de Inovação em Projetos, Produtos e Processos, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dra. Izabel C. Zattar
Co-orientadora: Prof.^a Dra. Marjorie M. Belinelli

**CURITIBA
2017**

A617p

Anschau, Jones

Proposta de um método de gestão de lubrificação industrial para indústrias de alimentos / Jones Anschau. – Curitiba, 2016.
151 f. : il. color ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2016.

Orientador: Izabel Cristina Zattar – Coorientador: Marjorie Maria Belinelli
Bibliografia: p. 146-151.

1. Manutenção. 2. Prevenção industrial. 3. Lubrificação e lubrificantes. 4.
Alimentos – Indústria. I. Universidade Federal do Paraná. II. Zattar, Izabel
Cristina. III. Belinelli, Marjorie Maria . IV. Título.

CDD: 658.202

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros das Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para a arguição da Dissertação de Mestrado de JONES ANSCHAU intitulada: PROPOSTA DE UM MÉTODO DE GESTÃO DE LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL PARA A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.



IZABEL CRISTINA ZATTAR

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



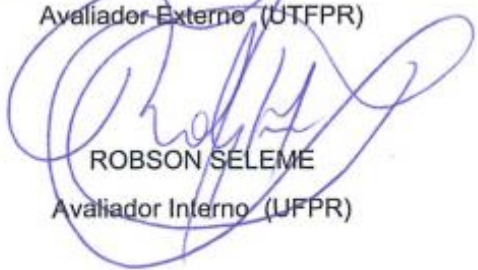
SONIA ISOLDI MARTY GAMA MULLER

Avaliador Interno (UFPR)



MARCELO RODRIGUES

Avaliador Externo (UTFPR)



ROBSON SELEME

Avaliador Interno (UFPR)

Curitiba, 21 de Fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois é ele quem nos dá discernimento e sabedoria para superarmos nossos desafios.

À minha esposa Sthephana Pessoa Anschau, pelo apoio e compreensão nos momentos de grande stress. Ao meu filho Arthur Pessoa Anschau, que em alguns momentos soube entender a ausência do pai. Fica aqui meu sincero obrigado.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Izabel Cristina Zattar e co-orientadora Prof.^a Dra. Marjorie M. Belinelli, pela paciência, acompanhamento e orientação. Obrigado por tudo.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, na pessoa do seu coordenador Prof. Eng^o Robson Seleme Dr., pelo apoio recebido.

A todos os funcionários da empresa estudo de caso, por estarem sempre prontos a cooperar. Ficam aqui meus agradecimentos

RESUMO

Na indústria alimentícia como nos demais setores industriais, o processo de manufatura é composto por máquinas e equipamentos, os quais são necessários em diversos tipos de processos. Entretanto, esse maquinário necessita de algumas condições básicas para obter um bom desempenho e produtividade, e essas condições se enquadram em cuidados como a limpeza diária e uma gestão de lubrificação adequada. Porém, nas indústrias alimentícias, a falta de limpeza e a utilização ou aplicação de lubrificantes de forma incorreta, além de prejudicar o desempenho do maquinários podem ocasionar riscos de contaminação dos alimentos. Mesmo havendo legislações e sistemas de controle como o manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e a Análise de Riscos dos Pontos Críticos de Controle (HACCP), o risco de contaminação por óleos lubrificantes são eminentes por não haver um método de lubrificação voltado para esse tipo de indústria, ficando aberto para as organizações desenvolverem seus próprios procedimentos. Esta dissertação visa propor um método para a gestão e monitoramento da lubrificação industrial em máquinas e equipamentos utilizados na fabricação de alimentos, e ao mesmo tempo prevenir acidentes de contaminação. Os resultados obtidos após a aplicação do método de lubrificação industrial na linha de envase de potes de azeitonas CT007.1, comparando os meses de julho a outubro de 2015, antes da implantação com o mesmo período de 2016, depois da implantação, foram: redução do MTTR(t), de 0,45 horas para 0, aumento no MTBF(t) de 9 horas para 29,54 horas, aumento da disponibilidade em 4,8%, ganho de produção de aproximadamente 1 milhão de potes de azeitonas ano.

Palavras-Chave: Indústria alimentícia. Manutenção. Lubrificação industrial.

ABSTRACT

In the food industry as in other industrial sectors, the manufacturing process is composed of machines and equipment, which are necessary in several types of processes. However, this machinery needs some basic conditions to achieve good performance and productivity, and these conditions fit into such care as daily cleaning and proper lubrication management. However, in the food industry, the lack of cleaning and improper use or application of lubricants, as well as undermining the performance of machinery can lead to risks of food contamination. Even with legislation and control systems such as the Good Manufacturing Practices (BFP) manual and the Preliminary Hazard Analysis of Critical Control Points (HACCP), the risk of contamination by lubricating oils is imminent because there is no lubrication method For this type of industry, leaving it open for organizations to develop their own procedures. This dissertation aims to propose a method for the management and monitoring of industrial lubrication in machines and equipment used in food manufacturing, and at the same time prevent contamination accidents. The results obtained after the application of the industrial lubrication method in the container line of olive pots CT007.1, comparing the months of July to October of 2015, before the implantation with the same period of 2016, after the implantation, were: reduction Of MTTR (t) from 0.45 hours to 0, increase in MTBF (t) from 9 hours to 29.54 hours, increase in availability by 4.8%, production gain of approximately one million pots of olives per year.

Key-words: Food industry. Maintenance. Industrial lubrication.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TIPOS DE MANUTENÇÃO	34
FIGURA 2 - PIRÂMIDE DE OBJETIVOS	36
FIGURA 3 - FLUXO PARA DEFINIR A CRITICIDADE	45
FIGURA 4 - PROTOCOLO DE PESQUISA.....	59
FIGURA 5 - FLUXO DO MÉTODO DE LUBRIFICAÇÃO PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	62
FIGURA 6 - ENGRENAGEM QUEBRADAS	72
FIGURA 7- EIXO QUEBRADO.....	72
FIGURA 8 - ROLAMENTO DANIFICADO	72
FIGURA 9 - PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO MÁQUINA DOBRADEIRA LVD ...	76
FIGURA 10 - PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS LASER E DOBRADEIRA.....	77
FIGURA 11 - LAYOUT ESQUEMÁTICO DA EMPRESA ESTUDO DE CASO.	93
FIGURA 12 - EXEMPLO DO FLUXO DE INFORMAÇÃO	98
FIGURA 13 - FLUXO DA LINHA DE ENVASE CT007.1	111
FIGURA 14 - FLUXO DO PROCESSO LINHA CT007.1 COM IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO	113
FIGURA 15 - ÁREA DE ARMAZENAGEM DOS LUBRIFICANTES MINERAIS	115
FIGURA 16 - DOBRADEIRA.....	116
FIGURA 17 - PENEIRA GIRATÓRIA	117
FIGURA 18 - ELEVADOR DE CANECA	118
FIGURA 19 - MANCAL DO ELEVADOR DE CANECAS.....	118
FIGURA 20 - ESTERIA TRANSPORTADORA ANTES DA MÁQUINA DE ENVASE.....	119
FIGURA 21- BALANÇA GIRATÓRIA	120
FIGURA 22 - PARTE INFERIOR DA MÁQUINA DE ENVASE.....	121
FIGURA 23 - MECANISMO DA MÁQUINA QUE FECHA OS POTES DE AZEITONAS	122
FIGURA 24 - ALIMENTADOR DE TAMPAS	122

FIGURA 25- FOTO ILUSTRATIVA DA MÁQUINA ROTULADORA	123
FIGURA 26- MÁQUINA DE EMBALAGEM	124
FIGURA 27- CALENDÁRIO DE LUBRIFICAÇÃO DA MÁQUINA DE ENVASE (PARTE INFERIOR ESQUERDA)	130
FIGURA 28- CALENDÁRIO DE LUBRIFICAÇÃO DA MÁQUINA DE ENVASE (PARTE SUPERIOR ESQUERDA)	132
FIGURA 29- PLANO DE LUBRIFICAÇÃO DA MÁQUINA ENVASADORA (PROGRAMAÇÃO POR TURNO).....	134
FIGURA 30- IT DE LUBRIFICAÇÃO DOS MOTOR REDUTORES.....	136

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- NÚMERO DE PARADAS POR CENTRO DE CUSTO (LINHAS DE PRODUÇÃO)	100
GRÁFICO 2- QUANTIDADE MOTIVOS POR ÁREA	102
GRÁFICO 3- QUANTIDADE DE FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO POR LINHA.....	105
GRÁFICO 4 - APONTAMENTO DE FALHAS LINHA CT007.1	112

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - RELAÇÃO DE AUTOR/DATA X ABORDAGEM SOBRE LUBRIFICAÇÃO.....	25
QUADRO 2 - CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO ABC	44
QUADRO 3 - PROBABILIDADE DE OCORRENCIA DE FALHA.....	48
QUADRO 4- SEVERIDADE DO EFEITO	48
QUADRO 5 - PROBABILIDADE DE DETECÇÃO DA FALHA	49
QUADRO 6- EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO FMEA	51
QUADRO 7- CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA	57
QUADRO 8- LEGISLAÇÕES PARA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA.....	67
QUADRO 9- CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO.....	79
QUADRO 10- FMEA MÁQUINA DOBRADEIRA LVD- EXEMPLO DE APLICAÇÃO.....	81
QUADRO 11- MODELO DE FORMULÁRIO PARA ACOMPANHAMENTO DAS AÇÕES.....	82
QUADRO 12- 5W1H PARA AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE LUBRIFICAÇÃO.....	84
QUADRO 13- MODELO DE LISTA DE TREINAMENTO	86
QUADRO 14 - CENTRO DE CUSTO/LINHA DE PRODUÇÃO x PRODUTO x EMBALAGEM.....	94
QUADRO 15- PLANILHA DE APONTAMENTO DAS PARADAS DE MÁQUINA	99
QUADRO 16- DESCRIÇÃO DAS FALHAS RELACIONADAS AOS MOTIVOS APONTADOS.....	101
QUADRO 17 - RELAÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO COM AS PARADAS APONTADAS ENTRE JANEIRO A OUTUBRO DE 2015	103
QUADRO 18- RELAÇÃO DE CRITICIDADE DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO.....	125
QUADRO 19- FMEA DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE REFERENTE A LUBRIFICAÇÃO CT007.1	128

QUADRO 20- IT DE LUBRIFICAÇÃO DOS MOTOR REDUTORES	137
---	-----

LISTA DE SIGLAS

ABNT	___ Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	___ Associação Brasileira de Manutenção e de Ativos
ANVISA	___ Agência Nacional de Segurança Sanitária
APPCC	___ Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
ASQ	___ <i>American Society for Quality</i> (em português Sociedade Americana de Qualidade)
BPF	___ Boas Práticas de Fabricação
CAC	___ <i>Codex Alimentarius Commission</i> (em português Comissão do Código de Alimentos)
EUA	___ Estados Unidos da América
FAO	___ Food and Agriculture Organization of the United Nations (em português Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
FDA	___ <i>Food and Drugs Administration</i> (em português Agência Americana de Medicamentos e Alimentos)
FMEA	___ Failure Mode and Effects Analysis (em português Análise de Modo e Efeitos de Falhas)
HACCP	___ <i>Hazard Analysis and Critical Control Point</i> (em português Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle)
ISO	___ <i>International Organization for Standardization</i> (em português Organização internacional de Padronização)
KG	___ Quilogramas
MAPA	___ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCC	___ Manutenção Centrada em Confiabilidade
MTBF	___ <i>Mean Time Between Failure</i> (em português Tempo Médio entre Falhas)

MTTR	___	<i>Mean Time to Repair</i> (Tempo Médio para Reparo)
MS	___	Ministério da Saúde
NBR	___	Norma Brasileira
NSF	___	<i>National Sanitization Foundation</i> (em português Fundação Nacional de Saúde Pública)
OMS	___	Organização Mundial da Saúde
OS	___	Ordem de Serviço
PCC	___	Ponto Crítico de Controle
PCM	___	Planejamento e Controle de Manutenção
PM	___	Manutenção Preventiva
PPM	___	Partes por milhão
PPH	___	Processo Poisson Homogêneo
PPNH	___	Processo Poisson Não Homogêneo
POP	___	Procedimento Operacional Padronizado
RCM	___	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (em português Manutenção Centrada em Confiabilidade)
RDC	___	Resolução da Diretoria Colegiada
ROCOF	___	<i>Rate of Occurrence of Failures</i> (em português Taxa de Intensidade de Falhas)
TBF	___	<i>Time Between Failure</i> (em português Tempo Entre Falhas)
TPM	___	<i>Total Productive Maintenance</i> (em português Manutenção Produtiva Total)
TPR	___	Tempo para Reparos

TTF	___ <i>Time to Failure</i> (em português Tempo até a Falha)
TTR	___ <i>Time to Repair</i> (em português Tempo para Reparo)
USA	___ <i>United States of American</i> (em português Estados Unidos da América)
USDA	___ <i>United States Department of Agriculture</i> (em português Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)

LISTA DE SÍMBOLOS

$\rho(t)$	Taxa de Intensidade de Ocorrência de Falhas
t_n	Tempo da Última Falha
N_f	Número de Falhas
$\ln(t)$	Logaritmo
$R(t)$	<i>Reliability</i> (em português Confiabilidade)
$m(t)$	Número Acumulado de Falhas ao Longo do Tempo
i	Sequencial de Falhas Sucessivas
$A(t)$	<i>Availabilty</i> (em português Disponibilidade)
n	Número de Falhas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVO GERAL	23
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.3	JUSTIFICATIVA	23
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	26
2	REVISÃO DE LITERATURA	28
2.1	LEGISLAÇÕES E NORMAS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	28
2.2	ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE (HACCP) <i>HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINTS</i>	31
2.3	MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	32
2.3.1	TIPOS E ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO	33
2.3.2	INDICADORES DE MANUTENÇÃO	35
2.4	LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL	37
2.5	CRITICIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO	41
2.6	CLASSIFICAÇÃO ABC PARA DEFINIÇÃO DA LINHA CRÍTICA	42
2.7	ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS (FMEA)	45
2.8	CONFIABILIDADE DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	52
2.8.1	CONFIABILIDADE EM SISTEMAS REPARÁVEIS	52
3	MÉTODOLOGIA	57
3.1	CLASSIFICAÇÃO	57
3.2	PROTOCOLO DE PESQUISA	58
4	MÉTODO DE LUBRIFICAÇÃO PARA INDUSTRIAL DE ALIMENTOS	61
4.1	PASSO 1 - IDENTIFICAR LEIS, DECRETOS E PORTARIAS APLICÁVEIS A EMPRESAS ALIMENTÍCIAS	65

4.1.1 VERIFICAÇÃO SE TODOS OS REQUISITOS LEGAIS FORAM ATENDIDOS	68
4.2 PASSO 2 - MAPEAR PROCESSOS DE FABRICAÇÃO	69
4.2.1 VALIDAÇÃO DO MAPEAMENTO DE PROCESSO	70
4.3 PASSO 3 - ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO	70
4.4 PASSO 4 - DEFINIÇÃO DA LINHA PILOTO	74
4.5 PASSO 5 - IDENTIFICAR PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO NAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	75
4.5.1 VALIDAÇÃO DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO	77
4.6 PASSO 6 - DEFINIR OS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE REFERENTES AOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO	78
4.7 PASSO 7 - ANALISAR OS MODOS DE FALHAS DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE LEVANTADOS. (FMEA)	79
4.8 PASSO 8 – ESTABELECEER PLANO DE AÇÃO PARA MINIMIZAR OU ELIMINAR OS PONTOS CRÍTICOS COM MAIOR NPR.....	82
4.8.1 VERIFICAÇÃO DAS AÇÕES REALIZADA PARA REDUZIR OU ELIMINAR OS PCC.....	83
4.9 PASSO 9 - CRIAR PLANO DE LUBRIFICAÇÃO.....	83
4.9.1 INSTRUÇÃO DE TRABALHO IT	85
4.10 PASSO 10 - TREINAMENTO DOS ENVOLVIDOS	86
4.10.1 VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DO TREINAMENTO.....	87
4.11 PASSO 11 - ESTABELECEER INDICADORES PARA ACOMPANHAR OS RESULTADOS	87
4.11.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS INDICADORES	89
4.12 AMPLIAÇÃO DO PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PARA AS DEMAIS LINHAS DA EMPRESA	90

5 VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL NA EMPRESA ESTUDO DE CASO	91
5.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA ESTUDO DE CASO	91
5.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	97
5.3 CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS DE PARADA	97
5.3.1 Classificação dos dados sobre as paradas relacionadas a manutenção.....	100
5.3.2 Falhas relacionadas a lubrificação industrial	102
5.4 CLASSIFICAÇÃO ABC PARA ESCOLHA DA LINHA CRÍTICA	105
5.5 LEIS PARA A INDÚSTRIA DE ENVASE DE PRODUTOS EM CONSERVA	108
5.6 MAPEAMENTO DO PROCESSO.....	110
5.7 FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO DA LINHA CT007.1	111
5.8 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA CT007.1.....	112
5.8.1 Lubrificantes utilizados.....	113
5.8.2 Armazenamento dos lubrificantes.....	115
5.9 ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE REFERENTE A LUBRIFICAÇÃO	116
5.9.1 Virador/tombador	116
5.9.2 Peneira giratória.....	117
5.9.3 Elevador de Caneca	117
5.9.4 Esteiras transportadoras	119
5.9.5 A máquina de envase	120
5.9.6 Enchimento de salmoura	121
5.9.7 Tampadora.....	121
5.9.8 Túnel de resfriamento	123

5.9.9 Máquina rotuladora automática de passagem	123
5.9.10 Máquina de embalagem	124
5.10 RELAÇÃO DOS PONTOS CONSIDERADOS PCC	124
5.11 FMEA DOS PONTOS CRITICOS DE CONTROLE (PCC)	126
5.11.1 Plano de ação para os PCC	127
5.12 PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PARA LINHA CT 007.1	129
5.12.1 Instrução de Trabalho (IT)	135
5.13 PLANO DE TREINAMENTO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO	138
5.14 INDICADORES DE MANUTENÇÃO.....	138
5.14.1 Análise dos indicadores da linha CT007.1.....	139
5.14.2 Análise dos indicadores da linha CT007.1 relacionados a lubrificação	140
5.15 RESULTADOS DOS INDICADORES APÓS A IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO.....	142
5.15.1 Dados de julho a outubro de 2015.....	142
5.15.2 Dados de julho a outubro de 2016.....	144
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
REFERÊNCIAS.....	148

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos de qualidade a valores acessíveis foi fundamental para que as organizações buscassem novas tecnologias e novos conceitos de manufatura, com a finalidade de aumentar a disponibilidade e confiabilidade operacional das máquinas e equipamentos. Isto se deve a necessidade de melhorar a produtividade e reduzir custos internos.

A manutenção Industrial tem um importante papel na produtividade, embora seja lembrada somente quando ocorrem quebras ou falhas dos maquinários ou instalações, mais especificamente, quando uma máquina e/ou equipamento interrompe o processo produtivo. (MOBLEY, 2014).

É essencial compreender que a função da manutenção industrial é prover estratégias para aumentar a vida útil do maquinário e reduzir as falhas, fator que, conseqüentemente, melhora tanto a disponibilidade como a confiabilidade operacional. (DHILLON, 2002; AIT-KADI *et al.* e BEN DAYA 2009; MOBLEY, 2014).

A manutenção industrial também é responsável por garantir as condições operacionais básicas e necessárias para o bom e perfeito funcionamento do maquinário e instalações industriais, ela tem importante contribuição com o meio ambiente, gerando aumento da competitividade e lucratividade, garantindo assim, a satisfação do cliente. (FACHINI; SELLITTO, 2014 e GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2015).

Dentro das atividades da manutenção industrial está a manutenção preventiva, que visa, por meio de rotinas ou períodos pré-definidos, estabelecer um conjunto de procedimentos e ações, a fim de prevenir a falha antes que ela ocorra. (PALMER, 2012).

Mobley (2014) reforça que uma das funções da manutenção preventiva é a gestão de lubrificação, considerada básica e antiga. Para Zhu; He; bechhoefer (2013) e Ungureanu; Cotetiu (2014), a lubrificação com os lubrificantes adequados tem o objetivo operacional de diminuir o atrito e com

isso, reduzir o desgaste gerado pelo movimento entre as superfícies dos componentes.

Para Dhillon (2002) e Ait-Kadi *et al.* (2009) a lubrificação, dentro da manutenção preventiva, é realizada periodicamente, baseada em dados do fabricante ou de históricos obtidos pela própria manutenção, sendo sua finalidade prevenir falhas geradas pelo atrito entre as partes móveis, com o intuito de evitar o desgaste prematuro ou até mesmo a quebra do componente.

A lubrificação tem um papel indispensável dentro da indústria. Ait-Kadi *et al.* (2009) reforça a importância da lubrificação nos setores automotivo, petrolífero e aeroespacial, sempre abordando o efeito e a composição dos lubrificantes sobre máquinas e componentes específicos.

Dhillon (2002); Ungureanu; Cotetiu e Mobley (2014) ressaltam a importância de ter uma lubrificação apropriada dentro de um ambiente fabril. Todavia, apenas orientam as melhores práticas, não estabelecendo uma metodologia específica.

Na indústria alimentícia, a importância de uma correta gestão de lubrificação é maior, pois não interfere apenas na vida útil e disponibilidade do maquinário, mas também no risco de ocorrer uma contaminação no produto. (GEBARIN, 2009).

Dada a importância da lubrificação em diversos setores da indústria, detectou-se a falta de dados referentes à lubrificação dentro da indústria alimentícia e, cabe relatar que, essa escassez de informações não permite afirmar se há um método de lubrificação e se ele está impactando ou não na disponibilidade do maquinário e na qualidade e inocuidade dos produtos.

Desta forma, essa dissertação propõe, por meio de um estudo de caso, levantar informações e dados que possam auxiliar no desenvolvimento de um método de lubrificação industrial na área de alimentos, com a intenção de contribuir com o meio acadêmico e com as demais empresas do ramo alimentício que realizam o envase de produtos em conserva.

1.1 OBJETIVO GERAL

Propor um método para a gestão e monitoramento da lubrificação industrial em máquinas e equipamentos utilizados na fabricação de alimentos, com o propósito de melhorar a disponibilidade e a confiabilidade operacional, concomitantemente, com a garantia da inocuidade do produto.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar os principais conceitos relacionados ao tema, visando proporcionar uma fundamentação teórica;
- Mapear os processos históricos de falhas dos aspectos referentes à execução das atividades de manutenção industrial relacionados à lubrificação;
- Identificar e classificar as falhas relacionadas a lubrificação industrial;
- Propor um método de lubrificação que atenda as legislações e ao mesmo tempo possa melhorar a performance da gestão de manutenção na indústria alimentícia.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Zio; He; Compare (2013) e Fachini; Sellitto (2014), as estratégias de manutenção industrial impactam diretamente nos custos internos e na competitividade das organizações. Os autores ressaltam que um fator que contribui para isso é a negligência às atividades de lubrificação.

Para Mobley (2014), cerca de 18% das causas das falhas nos maquinários estão relacionadas à gestão de lubrificação. Alguns fatores que contribuem são: a utilização errônea de lubrificantes, o método de aplicação e

frequências inadequadas e a falta de treinamento das pessoas que realizam a tarefa.

A lubrificação industrial, além de impactar diretamente no custo e na entrega do produto, também pode afetar a qualidade e inocuidade deste produto. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1997), estabelece na portaria SVS/MS nº326, no item 3.5, que a contaminação é a presença de substâncias ou agentes estranhos de origem biológica, física ou química que possam, de alguma forma, afetar a saúde humana. A ANVISA também estabelece, na mesma portaria, no item 3.5.1, que ao realizar a manutenção, deve-se cuidar para não contaminar o produto com nenhuma substância indesejável e, no item 6.2.3, reforça os cuidados com a limpeza e a higiene ao executar uma atividade de manutenção em instalações, máquinas ou equipamentos.

Dentre as ações de manutenção industrial que impactam na indústria alimentícia, a lubrificação é uma das funções primárias que podem determinar o ciclo de vida dos componentes.(ZHU; HE; BECHHOEFER, 2013). A atividade de lubrificação deve ser realizada de forma sistêmica e periódica, conforme especificação dos fornecedores dos equipamentos, ou por meio de estudos realizados para definir essa sistemática, (NEALE, 2001; MOBLEY, 2014) já que os lubrificantes podem ser considerados elementos contaminantes, por possuírem elementos químicos em sua composição, que podem ser prejudiciais à saúde humana. (DIAS, 2014).

Para Gebarin (2009) e Bueno (2012), a grande preocupação das empresas na área de alimentos, está relacionada a segurança alimentar e aos efeitos que um recall pode causar a marca.

Os incidentes com óleos lubrificantes não são comuns, quando ocorrem, porém, podem ocasionar prejuízos para as empresas e danos à saúde de quem consumir o produto contaminado. (GEBARIN, 2009).

O (QUADRO 1), mostra como alguns autores abordam o tema lubrificação. Todas as propostas verificadas tratam de abordagens específicas referentes ao tema. O estudo mais completo, propõe um método de lubrificação

para a indústria alimentícia utilizando uma máquina cobrideira para o estudo de caso. (BELINELLI, 2015).

QUADRO 1 - RELAÇÃO DE AUTOR/DATA X ABORDAGEM SOBRE LUBRIFICAÇÃO

Autor /ano	Tema	Classificação dos Lubrificantes de Grau alimentícios	Metodo de Lubrificação para industria de alimentos	Plano de Lubrificação	Seleção de Lubrificantes	Monitoramento dos Lubrificantes
Brown (2004)	Making Good Environmental Choices for Lubricants				X	X
Lawate (2007)	What You Need to Know About Food-grade Lubricants	X				
Turner (2007)	Food-grade Greases	X				
Gebarin (2009)	The Basics of Food-grade Lubricants	X				
Dias (2012)	Legislação para lubrificantes de grau alimentício	X				
Green (2014)	What You Should Know About Food-grade Lubricants	X				
Zhu; He; Bechhoeder (2013)	Survey of lubrication oil condition monitoring, diagnostics, prognostics techniques and systems					X
Ungureanu; Cotiteu (2014)	Lubrication of Industrial Equipment – Part of Maintenance Operations			X		
Belinelli (2015)	DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA SELEÇÃO DE POLÍTICA DE LUBRIFICAÇÃO DE MÁQUINAS CENTRADA EM CONFIABILIDADE:	X	X	X	X	X

FONTE - O autor (2016)

O diferencial desse estudo é propor um método de lubrificação industrial que atenda as empresas do setor alimentício, e também indústrias de outros seguimentos. A aplicação do método dentro de uma empresa alimentícia que

realiza o envase de produtos em conserva, reforça a importância por apresentar um ambiente agressivo devido a utilização de salmoura ácida na conservação dos seus produtos, e muita água para limpeza e higienização dos maquinários, fatores esses que contaminam e aceleram a deterioração das máquinas e equipamentos, exigindo assim, uma gestão de lubrificação específica e mais rigorosa.

Outro diferencial é o método de classificação das falhas relacionadas a lubrificação. Ele pode ser aplicado na análise de falhas em empresas que não possuem um apontamento detalhado das falhas, fator este, que pode dificultar ou até mesmo direcionar em ações que não irão solucionar o problema principal.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A Dissertação é composta de seis capítulos, apêndices e anexos, estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1 - Introdução: neste capítulo apresenta-se o contexto da pesquisa e a sua finalidade, observando-se os objetivos da pesquisa, bem como, as limitações e as justificativas;

Capítulo 2 - Referencial Teórico: contempla a revisão da literatura utilizando-se do estado da arte de autores, apresentando conceitos relevantes à manutenção e lubrificação industrial, legislações e decretos que regem a indústria alimentícia de envase de produtos em conserva, e indicadores de manutenção para sistemas reparáveis;

Capítulo 3 – Metodologia aplicada: apresenta a sistemática e o protocolo detalhado da pesquisa, apresentando os procedimentos de coleta dos dados e o conteúdo utilizado para análise e desenvolvimento do estudo.

Capítulo 4 – Desenvolvimento: demonstra a proposta do método de lubrificação industrial direcionado para a indústria alimentícia e o detalhamento dos passos;

Capítulo 5 – Breve apresentação da empresa estudo de caso, análise dos dados, seleção e classificação das falhas, aplicação do método de

classificação das falhas relacionadas a lubrificação, seleção da linha crítica/piloto utilizando a classificação ABC, aplicação do método de lubrificação industrial na linha crítica/piloto dentro da empresa estudo de caso.

Capítulo 6 – Considerações finais, aborda os pontos negativos e positivos comparando os resultados dos meses de julho a outubro de 2015 com o mesmo período de 2016 após a implantação do método de lubrificação industrial voltado para indústria alimentícia, por meio dos indicadores como: *Mean Time To Reper* (MTTR), *Mean Time Between Failure* (MTBF) e a Disponibilidade $A(t)$.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica, abordando assuntos relacionados ao tema da pesquisa. Inicialmente, são apresentados os órgãos reguladores do setor alimentício, bem como as legislações e normas que controlam e estabelecem critérios para evitar a contaminação do produto. Em particular, são apresentados os tipos de lubrificantes permitidos e as exigências que a manutenção deve cumprir segundo o manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e do *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), quanto à gestão de lubrificação, devido ao risco de contaminação do produto.

Neste contexto, será realizada uma breve descrição sobre a manutenção e o enquadramento da gestão de lubrificação dentro do setor industrial, além de uma abordagem sobre indicadores de manutenção e sistemas reparáveis.

2.1 LEGISLAÇÕES E NORMAS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

No Brasil, as indústrias do setor de alimentos, visando a obtenção da licença de funcionamento, devem estar de acordo com as normas e leis dos órgãos que regulam o setor, em âmbito municipal, estadual, nacional e internacional. Para tanto, devem seguir as legislações vigentes dentro de sua área de atuação. No caso das indústrias de alimentos, os controles e liberações dentro do território nacional, são realizados pela Secretaria de Vigilância Sanitária dos Estados e Municípios, que tem a função de controlar as ameaças à saúde pública, estabelecendo normas ou regulamentos complementares e fiscalizando o cumprimento das mesmas no comércio e na indústria. (BRASIL, ANVISA, 1999).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é responsável por criar normas e regulamentos, dar suporte para todos os setores relacionados a produtos e serviços que possam afetar a saúde da população brasileira, além de controlar e fiscalizar os portos, aeroportos e fronteiras. (BRASIL, ANVISA, 1999).

As empresas do setor alimentício que desejam exportar ou já exportam seus produtos, também devem atender as legislações de outras entidades como

Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), *Codex Alimentarius*, um programa conjunto com a *Food and Agriculture Organization* e Organização Mundial da Saúde (FAO-OMS), que estabelecem normas e orientações técnicas sobre alimentos em âmbito internacional. Ressalta-se que, atualmente, 168 países participam do *Codex Alimentarius*.

Seu propósito é a implementação do programa de normas padronizadas para alimentos, de forma a proteger a saúde dos consumidores e garantir práticas corretas no comércio de alimentos, bem como, promover a coordenação de todos os trabalhos sobre padrões de alimentos realizados por organizações internacionais, governamentais e não governamentais.

O INMETRO é responsável pela Coordenação do *Codex Alimentarius* no Brasil (CCAB), bem como pelas normatizações e qualidade industrial.

A ABNT trabalha na área de certificação e oferece credibilidade internacional. Ela estabelece “o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a cooperação de todos os interessados, e, em particular, para a promoção da economia global”

O MAPA é responsável por regularizar e fiscalizar o agronegócio, que contempla o pequeno, o médio e o grande produtor rural, reúne também atividades de fornecimento de bens e serviços à agricultura, produção agropecuária, processamento, transformação e distribuição de produtos de origem agropecuária até o consumidor final. Além destes, podem ser citados a *Food and Drugs Administration* (FDA), que regulamenta o setor alimentício e farmacêutico nos Estados Unidos da América e tem parceria com a ANVISA e órgãos de outros países para, em conjunto, proporem normas regulatórias e científicas de produtos para a saúde por meio do Programa de Auditoria Única de Produtos para a Saúde (MDSAP).

De acordo com as portarias MS nº 1.428, de 26 de novembro de 1993, SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997 e com a Resolução - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002, as indústrias de alimentos devem manter controles rigorosos

em seus produtos para evitar contaminação, direta ou cruzada, que possam causar qualquer tipo de dano à saúde humana.

No caso específico das empresas que trabalham com envase de alimentos em conserva, elas ainda precisam atender à RDC nº 352, de 23 de dezembro de 2002, que regulamenta as técnicas de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores e industrializadores de frutas e/ou hortaliças em conserva.

O manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF), documento que descreve as operações realizadas pelo estabelecimento, enfatiza que as empresas devem estabelecer requisitos sanitários mínimos para garantir a qualidade e inocuidade do produto final, como a manutenção e higienização das instalações, dos equipamentos e dos utensílios, o controle da água de abastecimento, o controle de pragas urbanas e o controle da higiene e saúde das pessoas que manipulam o produto (BRASIL, ANVISA, 2004).

O mesmo BPF também estabelece que algumas ações preventivas devem ser tomadas, sempre que a manutenção precisar interferir nas instalações, máquinas ou equipamentos, ou seja, devem realizar a limpeza e desinfecção sempre que um conserto ou reparo for realizado em qualquer local do estabelecimento, seja nos equipamentos, nos utensílios ou em qualquer elemento que possa contaminar o alimento (BRASIL, ANVISA, 2004).

A gestão de manutenção industrial no setor alimentício deve estabelecer os procedimentos e reter os registros das atividades realizadas pela manutenção, para que comprovem que os equipamentos e maquinários passam por manutenção preventiva. (BRASIL, ANVISA, 2004).

Desta forma, considerando que a lubrificação é uma das atividades que faz parte da manutenção industrial e tem a função de garantir o bom funcionamento das máquinas e equipamentos, a indústria alimentícia também deve garantir a qualidade e inocuidade dos produtos por meio do BPF e da utilização dos lubrificantes adequados.

2.2 ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE (HACCP) *HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINTS*

Na década de 1960, os EUA e a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) desenvolveram um programa estratégico com base científica para propor técnicas de controle, propondo um sistema de segurança alimentar. (SUMERLIN, 2010 e WALLANCE, 2012).

Esse programa utiliza uma sistemática proativa e preventiva para a identificação de riscos que podem ocasionar a contaminação dos alimentos dentro de um sistema produtivo. O método ficou conhecido como Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP), da sigla em inglês *Hazard Analysis Critical Control Points*, e pode ser implementado em indústrias alimentícias em geral. (ALMEIDA, 1998; SUMERLIN, 2010).

Nos Estados Unidos da América, o HACCP tem sido um sucesso no monitoramento e controle dos riscos de contaminação em indústrias de alimentos e bebidas, e também passou a ser utilizado em indústrias cosméticas e farmacêuticas. (SUMERLIN, 2010).

A fim de facilitar o entendimento do HACCP, a ISO 22000 estabelece passos específicos de gestão de risco que pode ser aplicado em todos os tipos de indústrias alimentícias, podendo ser atribuída ao sistema de gestão da qualidade. (SGI) (NP EN ISO 22000:2005).

O HACCP tem um enfoque sistemático para garantir a inocuidade dos alimentos, para isso foram definidos sete princípios pelo Comitê Nacional de Assessoria em Critérios Microbiológicos para Alimentos (NACMCF), em inglês *National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods*. (ALMEIDA, 1998; SUMERLIN e BELINELLI *et al.*, 2010; WALLANCE, 2012; GAMA, 2015).

Os sete princípios definidos são:

1º Princípio: Realizar uma análise dos riscos. A planta deve identificar os riscos de segurança alimentar, determinar e aplicar medidas preventivas para controlar esses riscos;

2º Princípio: Identificar os Pontos Críticos de Controle (PCC). Um ponto crítico de controle pode ser definido como uma etapa ou procedimento onde se possa aplicar medidas de controle para prevenir, eliminar ou reduzir um perigo, com o intuito de deixá-lo a nível aceitável;

3º Princípio: Estabelecer limites para cada ponto crítico de controle. Um limite crítico é o valor mínimo, ou máximo, aceitável de contaminação física, biológica ou química que possa ocorrer durante o manuseio, fabricação ou embalagem de produtos alimentícios, cosméticos ou farmacêuticos;

4º Princípio: Estabelecer requisitos de monitoramento do PCC. O monitoramento é uma sequência planejada de observações e medidas para avaliar se um PCC está sob controle;

5º Princípio: Estabelecer medidas corretivas. Ações corretivas devem ser tomadas quando for indicado um desvio que ultrapasse o limite crítico estabelecido;

6º Princípio: Estabelecer um sistema para registro de todos os controles. O plano HACCP aprovado pelas mais altas autoridades do estabelecimento, bem como seus registros, deverão estar arquivados em local de fácil acesso, preferencialmente no próprio estabelecimento;

7º Princípio: Estabelecer procedimentos para assegurar que o sistema HACCP funciona como previsto. Este princípio serve para validar se tudo que foi proposto está sendo seguido.

2.3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A busca incessante pela redução de custos e pelo aumento da produtividade dentro das indústrias, são fatores básicos para a sobrevivência e permanência dentro de um mercado cada vez mais competitivo. Desta forma, os empresários perceberam que a disponibilidade e o perfeito funcionamento dos maquinários e instalações são fatores fundamentais. Dentro desse contexto, a manutenção industrial tem um papel decisivo para que isso ocorra. (MOUBRAY, 1997 e SELLITTO; FACHINI, 2014).

A manutenção industrial pode ser definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas para manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. (BRASIL, NBR 5462, 1994).

Para Rosa (2006), a atividade de manutenção deve evitar a degradação de equipamentos, sistemas produtivos e instalações, causadas pelo desgaste natural de componentes e pelo uso do maquinário no decorrer do tempo.

Palmer (2009) e Moubay (1997) enfatizam que a manutenção vem ganhando importância dentro das organizações com o passar dos anos, pois, segundo eles, é possível verificar que empresas onde a manutenção é bem fundamentada, têm melhor rendimento do seu maquinário, maior produtividade e mais lucratividade.

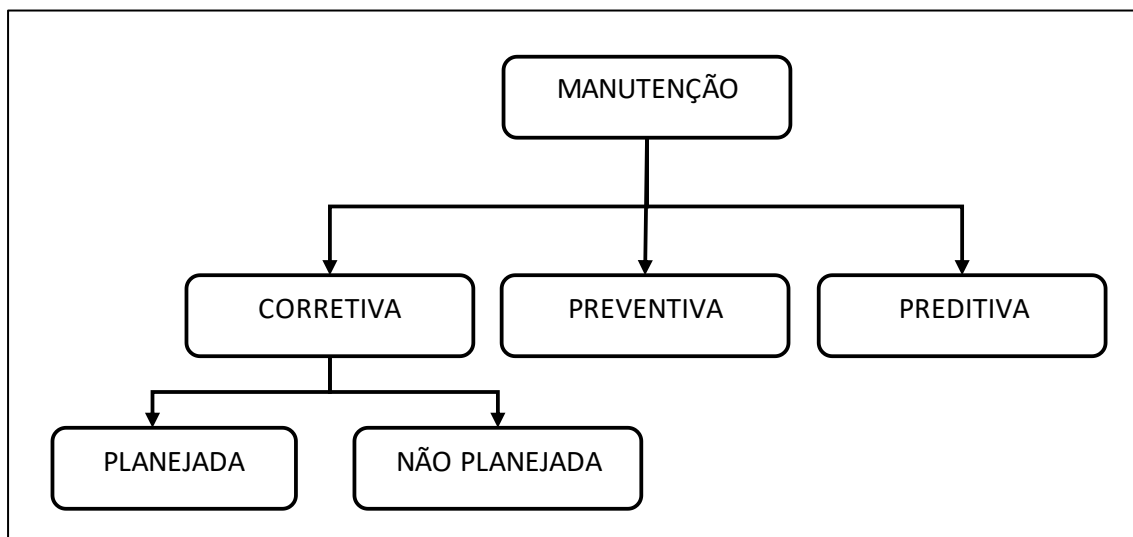
A manutenção industrial, segundo Dhillon (2002) e Pinto, Xavier (2012), pode ser classificada em: planejada e não planejada. A manutenção não planejada corrige falhas após a ocorrência e gera perdas de produção, perdas na qualidade do produto e elevados custos. A manutenção planejada é aquela na qual se antecipa a quebra reduzindo a perda de produção, minimizando o custo e o tempo de reparo.

Todas as plantas necessitam de um planejamento da manutenção para melhorar a eficiência e a disponibilidade dos maquinários. (PALMER, 2009).

2.3.1 Tipos e estratégias de manutenção

Patton (2005), Sellitto; Fachini; Ungureanu; Cotetiu (2014) e Seleme (2015), estabelecem que a manutenção pode ser dividida em: (i) Manutenção Corretiva; (ii) Manutenção Preventiva e (iii) Manutenção Preditiva.

FIGURA 1 – TIPOS DE MANUTENÇÃO



FONTE – Adaptado SELEME (2015)

Pinto e Xavier (2012), Sellitto; Fachini (2014) e Seleme (2015) definem o diagrama da seguinte forma:

- I- Manutenção corretiva: prática utilizada desde a revolução industrial. Ocorre muitas vezes de forma não planejada, ou seja, depois que a falha já ocorreu, causando perdas de produção e redução no desempenho do maquinário. A manutenção corretiva pode ser dividida em planejada e não planejada.

Manutenção corretiva Planejada: atua-se antes da falha ocorrer, geralmente após a constatação que um elemento de máquina está prestes a falhar, essa detecção pode ser realizada por uma análise preditiva.

Manutenção não planejada: caracteriza-se pela correção após a falha ter ocorrido de forma imprevisível ou aleatória.

- II- A manutenção preventiva é uma atividade realizada de acordo com critérios pré definidos, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha de uma fábrica ou a degradação de um serviço. Dentro dessa característica se enquadram manutenção periódica e por rotina, onde o

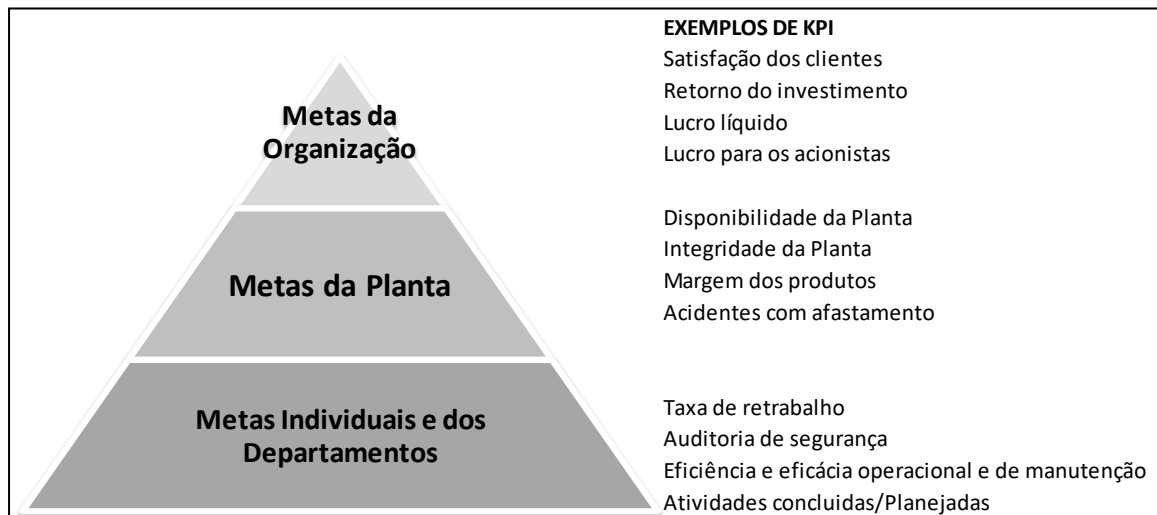
foco principal do programa é baseado em um calendário de inspeções, que é gerado através de datas de manutenção preventiva, procedimentos, monitoramento, inspeções, lubrificação e substituição, a serem realizados com prazos fixos, podendo ser semanal, quinzenal, mensal, trimestral, semestral ou anual.

- III- Manutenção preditiva ou por diagnóstico: é realizada através do monitoramento de uma máquina ou componente, para decidir o melhor momento que a intervenção deve ser realizada. Isso é possível através de evidências visíveis de um defeito ou quando o componente já atingiu sua vida útil.

2.3.2 Indicadores de manutenção

Os indicadores-chave de desempenho, também conhecidos como KPI, do inglês *keep performance indicator*, são ferramentas que ajudam a monitorar a eficácia e a eficiência de uma determinada atividade ou processo, comparando a situação atual com a meta previamente estipulada. (MOBLEY, 2014). Ainda o mesmo autor, afirma que a escolha dos indicadores apropriados determina o sucesso do departamento e da organização. A (FIGURA 2) mostra a relação de alguns indicadores utilizados para monitorar e controlar as metas dentro de uma organização.

FIGURA 2- PIRÂMIDE DE OBJETIVOS



FONTE: Adaptado de WADHAUGH (2005)

O departamento de manutenção precisa apoiar os objetivos do negócio, estabelecendo a estratégia operacional. A maneira ideal para mostrar que o desempenho da manutenção está claramente ligado às metas da planta e da organização, é propor indicadores que representem as principais atividades. (WEBER; THOMAS, 2005 e XAVIER, 2007).

Dentro da manutenção Industrial, os KPIs utilizados são específicos para o controle dos custos, das horas de serviço, da disponibilidade dos equipamentos, do tempo médio de reparo e do tempo médio entre falhas. (XAVIER, 2007).

A escolha do que medir, está relacionado ao tipo de controle que a gestão de manutenção quer acompanhar e definir como meta, para máquinas e equipamentos é usual utilizar os KPIs que medem a disponibilidade e utilização. (HUS, 2015). Os principais são o *Mean Time To Repair* (MTTR) e o *Mean Time Between Failure* (MTBF), os quais segundo Hus (2015), definem a disponibilidade do maquinário $A(t)$, indicadores, esses que são apresentados em detalhes na seção 2.8.1.

2.4 LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL

O desgaste é a principal causa da perda de material e desempenho mecânico, e qualquer trabalho de redução no desgaste pode resultar em economias consideráveis. (STACHOLWIAK; BATCHELOR, 2013). O autor ressalta que o atrito é a principal causa do desgaste e dissipação de energia, segundo ele, estima-se que um terço da energia utilizada no mundo é necessária para superar o atrito.

Para Neale (2001) e Zhu; He; Bechhoefer (2013), a função da lubrificação é reduzir o atrito entre sólidos que deslizam um sobre o outro, para evitar o desgaste e facilitar a movimentação, mas alerta que nem sempre é o que se deseja, às vezes, pode ocorrer o contrário, existir a necessidade de haver o atrito para evitar o desgaste.

As inspeções e verificações dos maquinários, bem como a lubrificação, são atividades atribuídas à gestão de manutenção, especificamente dentro da manutenção preventiva, onde é considerada uma função primária. Nesse tipo de manutenção, o trabalho pode incluir a lubrificação de equipamentos, limpeza, substituição de peças e apertos para evitar o desgaste e deterioração dos equipamentos. (DHILLON e NEALE, 2001; PALMER, 2012; UNGUREANU; COTETIU e MOBLEY, 2014).

Componentes que fazem parte do funcionamento do maquinário, como os elementos de máquinas, precisam de lubrificação, pois os óleos lubrificantes formam um filme entre as superfícies, facilitando o movimento e evitando o atrito entre as partes, evitando o aquecimento excessivo e o desgaste prematuro dos componentes. (ZHU; HE; BECHHOEFER, 2013).

Segundo Palmer (2012), a lubrificação é uma parte conhecida dentro de uma programação de manutenção preventiva. O autor reforça a ideia de que uma lubrificação inadequada, muitas vezes, pode causar mais danos ao maquinário do que a falta dela. Ele ainda sugere incluir em um plano de manutenção preventiva, a limpeza do local a ser lubrificado, a troca dos filtros, a

verificação e remoção dos lubrificantes contaminados ou velhos, cuidados essenciais para não haver contaminação durante a aplicação.

A lubrificação como atividade básica dentro da manutenção preventiva, necessita de método para a sua realização. Ungureanu; Cotetiu (2014), definem um plano de lubrificação onde focam na roteirização, nas instruções de quando, onde e como fazer a lubrificação e, por fim, no treinamento das pessoas que realizarão a tarefa.

Já para Neale (2001), um plano efetivo de lubrificação deve seguir algumas considerações, por meio de um plano de lubrificação eficiente com três passos básicos:

- Mapeamento detalhado das máquinas e equipamentos, uma descrição dos itens a serem lubrificados, verificação dos lubrificantes utilizados versus os recomendados, frequência e método de aplicação;
- Verificação dos lubrificantes utilizados para definir os tipos de lubrificantes apropriados de acordo com a especificação do fabricante e as restrições da produção;
- Definição do método e frequência de aplicação.

As principais funções dos lubrificantes, nas suas diversas aplicações, são as seguintes: (STACHOLWIAK; BATCHELOR, 2013).

a) Controle do atrito, transformando o atrito sólido em atrito fluído, evitando assim a perda de energia;

b) Controle do desgaste, reduzindo, ao mínimo, o contato entre as superfícies deslizantes, origem do desgaste;

c) Controle da temperatura, absorvendo o calor gerado pelo contato das superfícies;

d) Controle da corrosão, evitando que ação de ácidos destrua os metais;

e) Transmissão de força, funcionando como meio hidráulico, transmitindo força com um mínimo de perda;

f) Amortecimento de choques, transferindo energia mecânica para energia fluida;

g) Remoção de contaminantes, evitando a formação de borras, lacas e vernizes;

h) Vedação, impedindo a saída de lubrificantes e a entrada de partículas estranhas ou a entrada de outros fluídos ou gases.

2.4.1 Classificação dos Lubrificantes de Grau alimentícios

Os lubrificantes devem ser especificados conforme a sua aplicação e condições de trabalho. (NEALE, 2006). De acordo com o artigo 6, item III dos direitos básicos do consumidor (Lei Federal número 12.741 de 2012) “a informação adequada e clara sobre os diferentes produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade, tributos incidentes e preço, bem como, sobre os riscos que apresentem”.

Na indústria alimentícia, os lubrificantes são considerados fatores externos que podem ocasionar a contaminação cruzada, quando ocorre o contato acidental com o alimento. (BRASIL, ANVISA, 2004).

No Brasil não existem registros, autorizações ou mesmo legislação específica para definir o tipo de óleo lubrificante que deve ser utilizado na indústria alimentícia. O único requisito legal existente, que trata sobre os lubrificantes que podem ser utilizados na indústria alimentícia, é a Portaria 2619/11, do município de São Paulo, mencionando no item 3.11 que:

“Os lubrificantes utilizados nos equipamentos que possam eventualmente entrar em contato com os alimentos ou embalagens devem ser de grau alimentício. As especificações técnicas do produto devem permanecer à disposição da autoridade sanitária (SÃO PAULO, Secretária Municipal da Saúde, p.23, 2011).

Essa portaria da secretaria de vigilância sanitária do Estado de São Paulo não especifica ou regulariza os lubrificantes de grau alimentícios, sendo isto feito pela FDA, em uma lista positiva da *Code of Federal Regulations* (CFR), *Title 21*, seção 178.3570.

Por meio dessa regulamentação, o fabricante é registrado pela *National Sanitation Foundation* (NSF) na lista positiva ou *White Book*, que contém a relação das substâncias utilizadas no óleo lubrificante de cada fabricante. Nessa lista deve constar a porcentagem das substâncias respeitando a tolerância máxima estabelecida na composição.

Segundo a *European Hygienic Engineering & Design Group* (EHEDG), em seu item 4.7 que trata dos tipos de óleos lubrificantes que devem ser utilizados na indústria de alimentos, a Comunidade Europeia concorda com o trabalho do FDA e NSF em relação ao controle dos lubrificantes utilizados na indústria alimentícia. (EHEDG, doc8, 2004).

Portanto, na ausência de legislações nacionais específicas para regulamentar o uso de lubrificantes para equipamentos processadores de alimentos, a indústria adota globalmente as exigências gerais dos EUA, conforme estabelecido pela FDA. (USA, FDA REGISTRATION, 2016).

Segundo esta, os lubrificantes se classificam em:

- Classe H1 - Esse tipo de lubrificante é utilizado em locais onde pode haver o contato acidental com o alimento, mas a contaminação deve ser mínima dentro dos padrões estabelecidos de até 10 ppm. Esse tipo de óleo pode ser utilizado em correias, *sprays* desengripantes de uso geral, costura de latas, entre outras aplicações.
- Classe H2 - são lubrificantes utilizados em máquinas e equipamentos onde não pode existir a possibilidade de contato acidental com o alimento. Esses lubrificantes podem conter diferentes componentes e podem variar de acordo com o fabricante, mas entre esses componentes, não pode constar elementos pesados ou cancerígenos como antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio ou selênio.
- Classe H3 - são lubrificantes conhecidos como óleos refrigerantes ou solúveis, utilizados para limpeza e para evitar oxidação em peças ou componentes.

Dentro das classes permitidas, existem ainda outras restrições que devem ser seguidas na fabricação dos lubrificantes de grau alimentício. A FDA através do CFR título 21 determina as seguintes exigências (USA, FDA REGISTRATION, 2016):

- 21.CFR 178.3570: Limite permitido para a utilização de ingredientes na fabricação de lubrificantes H1;
- 21.CFR 178.3620: Óleo mineral branco com componentes que podem ter contato direto com os alimentos;
- 21.CFR 172.878: Aditivos alimentares permitidos, que podem entrar em contato direto com alimentos;
- 21.CFR 172,882: Hidrocarbonetos sintéticos permitidos, que podem entrar em contato direto com alimentos;
- 21.CFR 182: Substâncias reconhecidas como inofensivas para saúde humana.

Como é característica de qualquer lubrificante, os de grau alimentício devem atender às necessidades de lubrificação adequadas, de acordo com as exigências de desempenho e aplicação específica recomendadas pelos fabricantes. (SUMERLIN, 2010).

2.5 CRITICIDADE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO

A análise de criticidade é um método usado para avaliar como uma falha pode afetar o desempenho de uma máquina ou equipamento dentro de uma organização. O método deve ranquear por meio de critérios que realmente impactam a organização. (AFEFY, 2010).

Em grande parte das indústrias, não existe uma seleção adequada dos parâmetros que afetam a criticidade dos equipamentos, sendo a criticidade do equipamento, ou da linha, baseada apenas nas experiências empíricas ou no conhecimento tácito do técnico ou responsável pela análise, acrescida de informações técnicas sobre o mesmo. (RIBEIRO, 2010).

Porém, apenas as experiências empíricas não são suficientes para determinar se uma máquina ou equipamento é considerado crítico. Para isso, outros critérios devem ser considerados, tais como: segurança, impacto no meio ambiente, se o equipamento é único para o processo, se pode afetar a qualidade do produto e quais os impactos financeiros envolvidos. (BARAN, 2015).

Para Ribeiro (2010), equipamentos críticos são aqueles que, de alguma maneira, impactam na produtividade apresentando avarias frequentes sem ter peças sobressalentes, afetando diretamente na entrega da produção, ocasionando redução da capacidade produtiva e constantes problemas na qualidade do produto ou processo.

2.6 CLASSIFICAÇÃO ABC PARA DEFINIÇÃO DA LINHA CRÍTICA

Conforme o *Japan Institute for Plant Maintenance* (JIPM) (1995), apud Baran, (2015) a classificação ABC também serve para ajudar na tomada de decisão quanto à avaliação e a escolha do equipamento crítico dentro do processo industrial. Essa classificação é utilizada para determinar qual equipamento deve ser priorizado na programação da manutenção.

Desta forma, utiliza-se um fluxo que permite, por meio dos critérios escolhidos pela equipe responsável, um direcionamento da avaliação do sistema dentro das classes A, B e C, (QUADRO 2). Ao final da análise, a equipe será orientada, através dos critérios estabelecidos, a realizar os estudos ou ações na linha com maior classificação, ou seja, classificação A.

As classes são definidas da seguinte forma (JIPM, 1995):

- Classe A: Equipamentos altamente críticos para o processo, portanto é preciso elaborar planos específicos utilizando ferramentas como *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA), em português, análise de modo e efeito de falhas para análise das causas. Estabelecimento de manutenção preditiva e preventiva para minimizar a ocorrência de falha;

- Classe B: Equipamentos importantes para o processo, mas que possuem ocorrência de falha com impacto moderado. Neste caso, utiliza-se times de melhorias e análise das falhas;
- Classe C: Equipamentos com baixo impacto no processo, em linhas onde existe ociosidade. Mesmo havendo falhas frequentes, elas não impactam na entrega do produto. Nestes casos, geralmente se utiliza a manutenção corretiva na máquina ou equipamento.

O (QUADRO 2) pode ser entendido da seguinte forma:

- “S”- segurança e poluição: É uma análise de quanto a linha ou equipamento pode oferecer de risco a segurança do operador ou possíveis contaminações ao meio ambiente;
- “Q”- qualidade: O quanto a linha ou maquinário interfere ou prejudica a qualidade do produto;
- “D”- quebras: Nesse caso é considerado o quanto as quebras impactaram no tempo disponível da linha ou maquinário;
- “F”- frequência: Quantas vezes a linha ou maquinário parou por falhas em um determinado período de tempo;
- “M”- manutenibilidade: refere-se ao tempo médio de reparo.

QUADRO 2 - CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO ABC

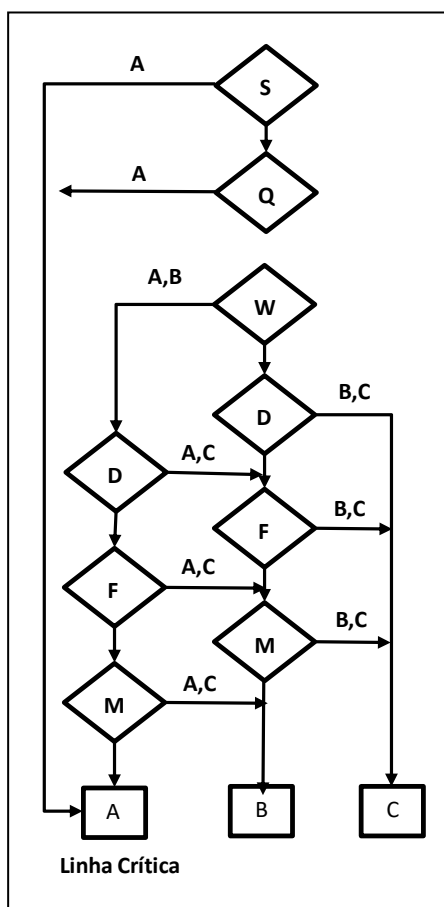
		Classe		
		A	B	C
S	Segurança/Meio Ambiente	Todas as linhas Molhadas	Todas as Linhas Secas	0
Q	Qualidade	Forte Influência	Qualquer Influência	Baixa Influência
W	Tempo de Trabalho	3 turnos/dia	2 turnos/dia	1 turno/dia
D	Quebras	1ª > % (tempo de parada/tempo total)	2ª > % (tempo de parada/tempo total)	3ª > % (tempo de parada/tempo total)
F	Frequência	1ª > Quantidade de quebras no período	2ª > Quantidade de quebras no período	3ª > Quantidade de quebras no período
M	Manutenibilidade	1ª > MTTR	2ª > MTTR	3ª > MTTR

FONTE: Adaptado de JIMP (1995)

Uma vez estabelecidos os critérios da classificação ABC, é possível encontrar o equipamento ou linha crítica seguindo o do fluxograma. (FIGURA 3)

Quando o fluxograma direcionar para a classificação A, a linha é considerada crítica e necessita de ações de manutenção para reestabelecer as condições básicas; Se o direcionamento apontar para a classificação B, os impactos gerados, tanto do ponto de vista da manutenção quanto da produção podem ser tratados a longo prazo; Na classificação C, a linha não oferece risco, portanto apenas as ações de manutenção rotineiras são suficientes. (VEIGA, 2014).

FIGURA 3- FLUXO PARA DEFINIR
A CRITICIDADE



FONTE – Adaptado JIMP (1995)

2.7 ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS (FMEA)

Na literatura, há várias ferramentas ou métodos que auxiliam na identificação das causas que podem levar a um risco em potencial. (DHILLON, 2005 e MUNBREY, 2012).

A ABNT, na norma NBR 5462 (1994), adota a sigla originária do inglês FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e a traduz como sendo “Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos”, onde a norma utiliza o termo pane como estado em que a máquina ou equipamento encontra-se e falha, é o ato ou instante da quebra.

A *Military Standard* (MIL-STD 1629A) (1980), estabelece que o FMEA é um procedimento para análise do modo de falha em potencial em um sistema

para determinar os resultados ou efeitos no sistema e para classificar cada modo de falha em potencial, de acordo com a sua severidade.

Para Dhillon (2005) o FMEA é uma das ferramentas mais utilizadas para avaliar o modo de falha em potencial, ainda na fase de desenvolvimento do projeto, afim de minimizar ou até eliminar os riscos existentes. Segundo o autor, tal método foi desenvolvido no início de 1950 para avaliar os riscos existentes em um sistema de controle de voo.

A ferramenta pode ser utilizada não somente na concepção do produto, mas também para identificar potencial de falhas em máquinas, equipamentos, dispositivos, processos de fabricação entre outros. (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

O FMEA tem uma vasta aplicação em diferentes tipos de situações. Aguiar (2010), propõe a utilização da *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para auxiliar no FMEA de processo, avaliando aplicações realizadas por outros autores.

Lino (2010), destaca os resultados positivos após as implantações de ações extraídas de uma FMEA em turbinas a vapor de uma usina de açúcar e bioenergia. Ele relata que foram obtidos diversos ganhos, tais como: redução de horas da equipe de manutenção; diminuição de paradas corretivas não planejadas para regulagem de turbinas; redução de troca de peças; diminuição de possíveis riscos de acidente, entre outros.

Outra aplicação do FMEA foi realizada em uma extrusora polimérica, prevendo a análise de falhas e a aplicação das demais técnicas e, por meio da identificação dos itens críticos do sistema, definiram um plano de manutenção com o intuito de renovar a vida útil do equipamento (COELHO *et al.*, 2011).

Herpich; Fogliatto (2013), propõe com uso do FMEA, identificar e classificar os equipamentos críticos de um sistema de controle e instrumentação de um turbogerador e, com os resultados, melhorar a estratégia de manutenção, otimizando os planos de manutenção, reduzindo os custos com manutenção corretiva e preventiva e aumentando a confiabilidade do equipamento.

Ben-Daya (2009), associa o número de grau de risco a três fatores, severidade, ocorrência e detecção, sendo dado pela multiplicação destes, conforme equação. (1.0) (AGUIAR, 2010):

$$\text{NPR} = \text{Severidade} \times \text{Ocorrencia} \times \text{Detecção} \quad 1.0$$

Onde:

- ✓ Severidade é a consequência da falha quando ela ocorre;
- ✓ Ocorrência significa a probabilidade ou frequência da ocorrência da falha;
- ✓ Detecção é a probabilidade de detecção da falha antes que ela ocorra.

O valor do NPR é o objetivo principal da análise do FMEA. Isso ocorre, porquê são esses valores que definem a prioridade das ações, mas nem sempre o maior valor é prioritário, pode-se ter um valor menor de NPR onde o peso da severidade é alto, isso implica que existem riscos que envolvem a segurança, portanto, devem ser prioridade na conclusão das ações.

Outro fator importante é cuidar com a atribuição dos pesos durante a análise, posto que, diferentes atribuições de pesos para severidade, ocorrência ou detecção, podem impactar diretamente no NPR, podendo assim, alterar a ordem para solucionar o problema. (BEN-DAYA, 2009 e HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

Para facilitar a atribuição dos pesos é possível consultar (QUADRO 3; QUADRO 4 e QUADRO 5) onde são atribuídos valores, geralmente a pontuação é de 0 a 10, variando o peso de acordo com o critério do autor ou onde a ferramenta está sendo aplicada. (AGUIAR, 2010 e HERPICH;FOGLIATTO, 2013).

QUADRO 3 - PROBABILIDADE DE OCORRENCIA DE FALHA

Probabilidade de Falha	Possíveis taxas de falhas	Rank
Extremamente alta	≥ 1 em 2	10
Muito alta	1 em 3	9
Repetidas falhas	1 em 8	8
Alta	1 em 20	7
Moderadamente alta	1 em 80	6
Moderadamente baixa	1 em 400	5
Relativamente baixa	1 em 2000	4
Baixa	1 em 1500	3
Remota	1 em 150000	2
Quase impossível	1 em 1500000	1

FONTE: AIAG FMEA 4ª ed (2008)

QUADRO 4- SEVERIDADE DO EFEITO

Efeito	Critério: Severidade do Efeito	Rank
Perigoso sem aviso prévio	Ou pode pôr em perigo o operador (máquina ou montagem) sem aviso prévio	10
Perigoso com aviso prévio	Ou pode pôr em perigo o operador (máquina ou montagem) com aviso prévio	9
Muito Alto	Produto / máquina inoperável, com perda de função primária	8
Alto	Produto / Máquina operável, mas com o nível de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito	7

Efeito	Critério: Severidade do Efeito	Rank
Moderado	Produto / Máquina operável, mas pode causar retrabalho ou danos ao equipamento	6
Baixo	Produto / Máquina operável, mas pode causar algum tipo de problema nas operações subsequentes	5
Muito Baixo	Itens de ajuste: Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais de 75%).	4
Menor	Itens de ajuste: Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito notado por 50% dos clientes.	3
Muito menor	Itens de ajuste: Acabamento/Chiado e Barulho não-conformes. Defeito notado por clientes acurados (menos de 25%).	2
Nenhum	Sem defeito perceptível	1

FONTE: AIAG FMEA 4ª ed (2008)

QUADRO 5 - PROBABILIDADE DE DETECÇÃO DA FALHA

Deteção	Probabilidade de detecção da causa da falha	Rank
Absolutamente remota	A manutenção não detecta a causa da falha potencial ou existe manutenção	10
Remota	Chance remota de se detectar a causa da falha	9
Muito remota	Chance muito remota de se detectar a causa da falha	8
Muito Baixa	Chance muito baixa de se detectar a causa da falha	7
Baixa	Chance baixa de se detectar a causa da falha	6
Moderada	Moderada chance de se detectar a causa da falha	5
Moderadamente Alta	Moderadamente alta chance de se detectar a causa da falha	4
Alta	Alta chance de se detectar a causa da falha	3
Muito alta	Chance muito alta de se detectar a causa da falha	2

FONTE: AIAG FMEA 4ª ed (2008)

Aguiar (2010), apresenta um formulário FMEA (QUADRO 6) com um exemplo onde a falha é um motor de um carro fundido, depois, define como função básica para o motor funcionar, a existência de óleo lubrificante, em seguida, caracteriza que o modo potencial de falha é a falta de óleo.

Mediante as informações, são encontradas quatro possíveis causas, que analisam a severidade, a ocorrência e a detecção utilizando os (QUADRO 3; QUADRO 4 e QUADRO 5). Com isso, chega-se no valor de NPR. Analisando os valores, é possível verificar que o motor queimando óleo junto com vazamento, foram as principais causas que levaram o motor fundir. A partir dessas informações são definidas as ações para evitar que o problema ocorra, no caso desse exemplo, foi definido instalar um indicador de temperatura no painel do carro para alertar o motorista, com isso o NPR baixou de 240 para 80.

QUADRO 6- EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO FMEA

FMEA- ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS																
Data: _____ Projeto: _____ Peça/Máquina: _____								Nº FMEA: _____ Revisão: _____ Preparado por: _____ Data do FMEA: _____								
Item/Função	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial de Falha	SEVERID	Causa Potencial Mecanismo	OCOR.	Controle Preventivo atual	Controle de detecção atual	DETEC.	NPR	Ações recomendadas	Responsável /Prazo	Ação realizada	Ações Resultantes			
													SEVERID	OCOR.	DETEC.	NPR
Ter óleo para lubrificar o motor	Falta de óleo	Motor fundido	8	Motor queimando óleo	5	Verificar óleo no escapamento	Checar nível de óleo	6	240	Colocar indicador no painel	Fulano 12/02/2016	Indicador instalado	8	5	2	80
				Junta com vazamento	5	Revisão mecânica	Checar nível de óleo	6	240	Colocar indicador no painel	Fulano 12/02/2016	Indicador instalado	8	5	2	80
				Óleo vencido	4	Troca periódica de óleo	Checar nível de óleo	6	192	Colocar indicador no painel	Fulano 12/02/2016	Indicador instalado	8	4	2	64
				Carter amassado	3	Checar nível de óleo	Checar nível de óleo	6	144	Colocar indicador no painel	Fulano 12/02/2016	Indicador instalado	8	3	2	48

FONTE : Adaptado AIAG FMEA 4ª ed (2008); AGUIAR (2010)

2.8 CONFIABILIDADE DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A norma *British Standard* (BS 4778,1991), cita a confiabilidade como a capacidade de um item em desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas por um período de tempo determinado.

Já a NBR 5462 no seu item 2.2.6 define confiabilidade como a “Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante um dado intervalo de tempo.” (BRASIL, ABNT, 1994).

2.8.1 Confiabilidade em sistemas reparáveis

Um sistema reparável é aquele onde os componentes são substituídos após a ocorrência de uma falha, sua vida útil é reestabelecida, mas a vida útil da máquina ou do equipamento não, ou seja, eles continuam velhos e a quantidade de intervenções e substituição dos componentes aumentam conforme a idade. (LOPES; TRINDADE, 2012 e ASSIS, 2013).

Liao *et al.*, (2010), coloca que um sistema reparável está sujeito à deterioração mesmo ocorrendo as manutenções e troca dos componentes, assim sendo, nunca terão as mesmas condições de um novo.

Os sistemas reparáveis são considerados complexos e caros, não sendo viável a troca de uma unidade quando ocorre uma falha, enquadram-se nesse tipo de sistemas os automóveis, sistemas de comunicação, aeronaves, controladores de motores de aeronaves, impressoras, sistemas de diagnósticos médicos, helicópteros, locomotivas, trens e muitas das máquinas e equipamentos utilizados na indústria em geral. (CROW, 2004).

Na literatura, Ferrão (2009) propõe utilizar o teste de *Laplace* para o estudo de confiabilidade em sistemas reparáveis, para encontrar a taxa de ocorrência de falhas de uma frota de veículos e, assim, poder determinar um plano de manutenção preventiva.

Os sistemas reparáveis estão sujeitos a todos os tipos de manutenção, desta forma, podem influenciar diretamente os intervalos de tempo entre falhas,

portanto, pode-se estipular o aumento ou a redução da disponibilidade através desses valores. (PEREIRA, 2012).

Assis (2013) apresenta o *Rate of Occurrence of Failure* (ROCOF) como taxa de ocorrência de falhas e coloca a necessidade de utilizar a distribuição de Poisson Não Homogênea (PNH) para estipular o MTBF, e por meio do cálculo de viabilidade econômica para auxiliar na decisão, se a máquina ou equipamento deve ou não ser substituído.

O tempo entre a falha TBF poderá não ser independente e uniforme, apresentando uma diminuição crescente da vida útil do maquinário, por isso, utiliza-se o Poisson Não Homogênea (PNH), caracterizado pela função intensidade acumulada, $\rho(t)$, que é o número esperado de falhas acumuladas em função do tempo, t , conhecida como a taxa de ocorrência de falhas ou ROCOF. (KRIVTSOV, 2007; ASSIS, 2013).

Para modelar este processo estocástico, o qual representa um sistema, onde o estado muda ao longo do tempo, esta mudança não é previsível mas está associada a uma distribuição de probabilidade. (HINOJOSA; MILANÉS, 2011).

Portanto, foi definida a função de densidade, $\rho(t)$, como sendo a taxa de variação do número esperado de falhas $dE[N(t)]$ em relação ao tempo dt . (EQUAÇÃO 2.0) (ASSIS, 2013):

$$\rho(t) = \frac{dE[N(t)]}{dt} \quad 2.0$$

Uma estimativa de $\rho(t)$ pode ser aproximada por:

$$\rho(t) = \frac{N(t - \Delta t) - N(t)}{\Delta t} \quad 2.1$$

É muito importante diferenciar a taxa instantânea de falha $h(t)$ da taxa de densidade de falha $\rho(t)$. Na primeira, existe a probabilidade condicional da falha ocorrer, dado não ocorrido até o momento, enquanto na segunda, está ligada à probabilidade incondicional da falha ocorrer no intervalo Δt . “Com efeito,

a função de risco $h(t)$ refere-se apenas à primeira falha, enquanto a função de intensidade $\rho(t)$ é uma taxa absoluta de falha dos sistemas reparáveis”. (ASSIS, 2013).

A função de densidade ρ no momento t ou $\rho(t)$ é dada por:

$$\rho(t) = a \cdot b \cdot t^{b-1} \quad 2.2$$

Onde:

$b > 1$, o processo é PNH e a ROCOF é crescente;

$b < 1$, o processo é PNH e a ROCOF é decrescente;

$b = 1$, o processo é Poisson homogêneo (PH).

Assim, conhecendo-se a função de densidade p no momento t , pode-se encontrar a quantidade de falhas que podem ocorrer dentro de qualquer intervalo de tempo $(t_i - t_{i-1})$, onde m é número acumulado de falhas, equação 2.3. (KRIVTSOV, 2007).

$$m(t_i - t_{i-1}) = \int_{t_{i-1}}^t \rho(t) dt = a(t_i^b - t_{i-1}^b) \quad 2.3$$

Os parâmetros a e b podem ser estimados pelo método de regressão dos mínimos quadrados ou pelo método da máxima verossimilhança. Para esse estudo será utilizado este último apresentando dois casos possíveis:

No primeiro caso, a análise dos dados é limitada pelo tempo T (Tempo de utilização do equipamento) equações 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7. (PEREIRA, 2012; ASSIS, 2013);

$$b = \frac{n}{n \cdot \ln(T) - \sum_{i=1}^n \ln(t_i)} \quad 2.4$$

$$a = \frac{n}{T^b} \quad 2.5$$

$$\rho(T) = a.b.T^{b-1} \quad 2.6$$

$$MTBF = \frac{1}{\rho T} \quad 2.7$$

No segundo caso, a análise dos dados é limitada pelo tempo até à última falha t_n , equações 2.8 e 2.9. (ASSIS, 2013).

$$b = \frac{n}{(n-1). \ln(t_n) - \sum_{i=1}^{n-1} \ln(t_i)} \quad 2.8$$

$$a = \frac{n}{t_n^b} \quad 2.9$$

O MTTF, no caso de um componente sob teste, ou o MTBF, no caso de um equipamento sob manutenção, é variável ao longo do tempo, podendo calcular-se o seu valor instantâneo no momento t pela equação (2.7). (ASSIS, 2013).

Assim, com o MTBF(t) e MTTR(t) definidos é possível obter o indicador de disponibilidade $A(t)$. (PEREIRA, 2012).

As equações para cálculo destes indicadores são apresentadas nas equações 3.0, 3.1, 3.2 e 3.3. (PEREIRA, 2012).

$$MTTR(t) = \frac{TTR1(f1) + TTR2(f2) + \dots + TTRn(fn)}{fn} \quad 3.0$$

$$A(t) = \frac{MTBF(t)}{MTBF(t) + MTTR(t)} = A(t) = \frac{1}{1 + \rho(t) * \Gamma} \quad 3.1$$

$$R(t) = e^{-\int_0^t \rho(t) d(t)} \quad 3.2$$

$$m(t) = \lambda * t^{\beta} \quad 3.3$$

A definição e aplicação correta dos indicadores de manutenção são cruciais para medir o desempenho atual e traçar metas para melhorar o desempenho e a produtividade dos ativos industriais. (NASCIF, 2007 e MOBLEY, 2014).

No caso dessa dissertação, o cuidado foi escolher a método correto para calcular os indicadores. A utilização do ROCOF é o mais apropriado para se obter os demais indicadores, por se tratar de máquinas e equipamentos que necessitam de reparos ou troca de componentes para continuar funcionando.

3 MÉTODOLOGIA

O presente capítulo aborda o enquadramento do tema, dentro da área de engenharia de produção, conjuntamente com a metodologia aplicada, também apresenta o protocolo de pesquisa de forma detalhada apresentando os passos do método de lubrificação industrial.

3.1 CLASSIFICAÇÃO

Perante a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), essa pesquisa se enquadra na grande área (1) Engenharia de operações e processos da produção, na subárea (1.3) gestão de manutenção. (ABEPRO,2016).

Quanto ao seu enquadramento, a pesquisa desenvolvida na presente dissertação tem sua classificação apresentada de forma resumida no (QUADRO 7).

QUADRO 7- CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA

NATUREZA	Básica	Aplicada				
FORMA DE ABORDAGEM	Qualitativa	Quantitativa				
OBJETIVO	Exploratória	Descritiva	Explicativa			
PROCEDIMENTO TÉCNICO	Pesquisa documental	Pesquisa bibliográfica	Pesquisa sistemática	Pesquisa de campo	Estudo de caso	Pesquisa-ação
TÉCNICA DE COLETA DE DADOS	Entrevistas	Coleta de documentos da empresa	Observação	Monitoramento do processo de lubrificação	Questionário	Levantamento bibliográfico

FONTE – O autor (2016)

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois gera conhecimento prático e específico. A sua forma de abordagem é quantitativa porque trata dos dados da empresa, tendo cunho exploratório e descritivo. (PROVDANOV e FREITAS, 2013).

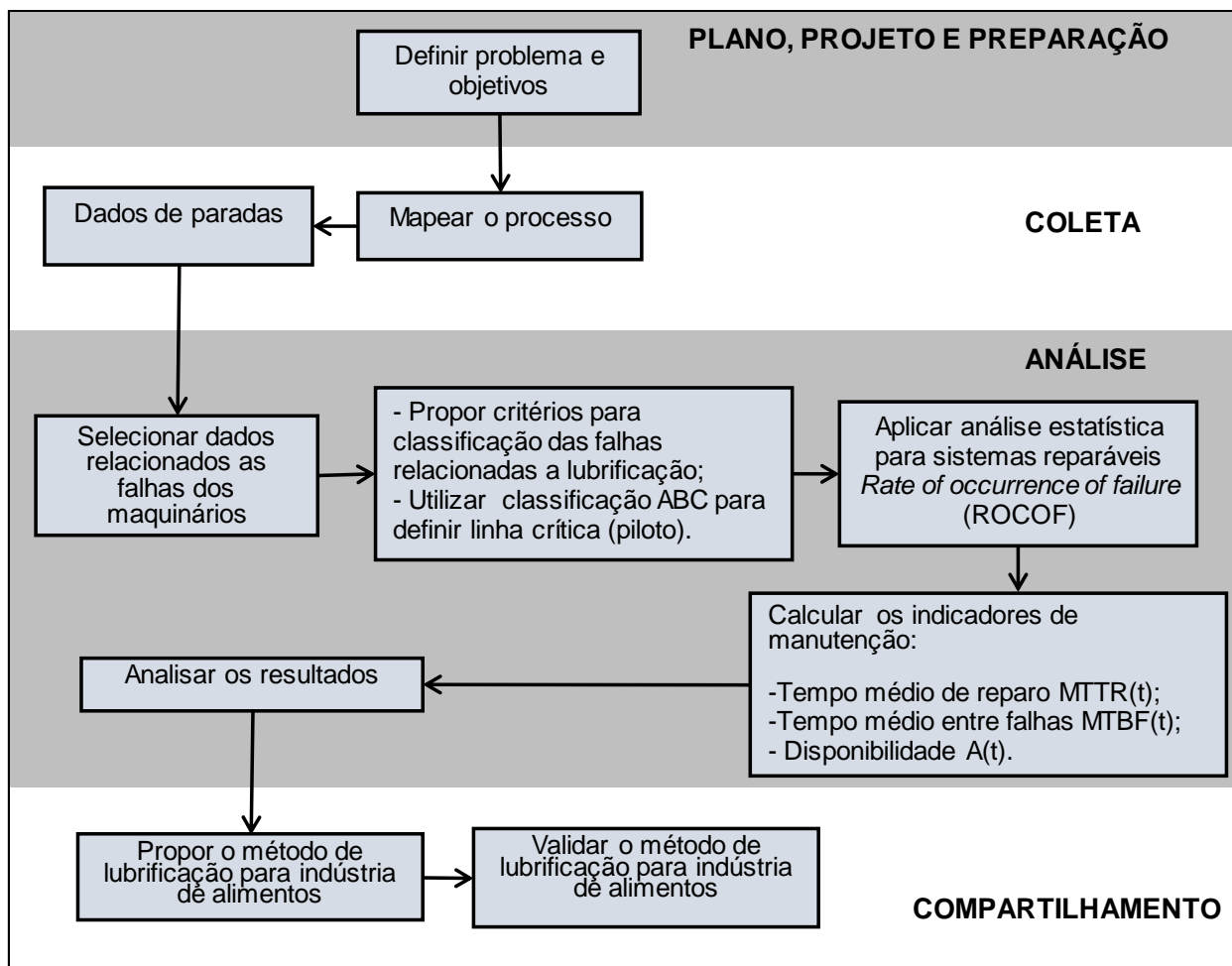
Os procedimentos técnicos adotados são: (i) estudo de caso, uma indústria do setor de alimentos, (ii) pesquisa documental, porque utiliza documentos da empresa, leis e decretos; (iii) pesquisa sistemática, método utilizado para auxiliar na pesquisa bibliográfica.

A técnica de coleta de dados se dá através de observação direta e monitoramento do processo, de entrevista com os técnicos de manutenção e análise dos bancos de dados e formulários da empresa. (GIL, 2010 E PROVDANOV; FREITAS, 2013).

3.2 PROTOCOLO DE PESQUISA

O protocolo de pesquisa da presente dissertação (FIGURA 4) visa apresentar de forma clara e objetiva a sequência das atividades para elaboração do método de lubrificação industrial proposto, visando uma melhor compreensão destas, garantindo assim, a confiabilidade das informações levantadas durante desenvolvimento do estudo de caso. (YIN, 2015).

FIGURA 4- PROTOCOLO DE PESQUISA



FONTE – o autor (2016)

O plano, projeto e preparação engloba a parte introdutória, a introdução dos objetivos gerais e específicos e toda a revisão da literatura referente ao tema da pesquisa.

A coleta de dados, refere-se a como os dados serão coletados, neste caso, será através de visitas técnicas, observação direta dos processos, análise das linhas de produção, entrevistas com os técnicos de manutenção, análise do banco de dados e verificação da documentação e formulários preenchidos com dados das paradas contendo as falhas.

Com relação a análise dos dados, esse estudo foi dividido em cinco etapas, sendo elas:

Etapa I, requer análise detalhada dos dados coletados, para tanto, é necessário selecioná-los, pois nem todos os levantamentos serão relevantes

para o estudo, depois é necessário agrupar as paradas e analisar uma a uma, para verificar se estão relacionadas a falhas dos maquinários.

Etapa II, nesta etapa é preciso verificar se as falhas selecionadas têm relação com a lubrificação e se apresentam algumas dessas características: desgaste excessivo do componente, aparência azulada por superaquecimento ou atrito excessivo entre os componentes, características essas, que podem ser causadas por falta de lubrificação, utilização de lubrificantes incorretos ou proveniente de vazamento. Com esses dados é possível fazer a classificação da linha crítica utilizando o método ABC.

Etapa III, fazer o estudo estatístico considerando todas as falhas selecionadas, para isso é necessário calcular a taxa de ocorrência de falha $ROCOF(t)$ para cada instante de tempo. Essa taxa é utilizada apenas quando se trata de sistemas reparáveis e é necessária para obter o $MTBF(t)$.

Etapa IV, calcular os indicadores, primeiro seleciona-se os tempos entre falhas (TTF), depois utiliza-se o $ROCOF$ para se obter o $MBTF(t)$, com a somatória dos $MBTF(t)$ e com o cálculo do $MTTR(t)$ é possível obter a Disponibilidade $A(t)$ de cada maquinário ou da linha toda. Neste estudo utiliza-se os indicadores na classificação ABC, na verificação do estado atual da linha piloto e por fim para comparar os resultados após aplicação do método de lubrificação industrial na linha crítica (piloto).

Etapa V, por fim o compartilhamento envolve definir o método de lubrificação voltado para indústria alimentícia, aplicá-lo na empresa estudo de caso e apresentar os resultados obtidos.

4 MÉTODO DE LUBRIFICAÇÃO PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

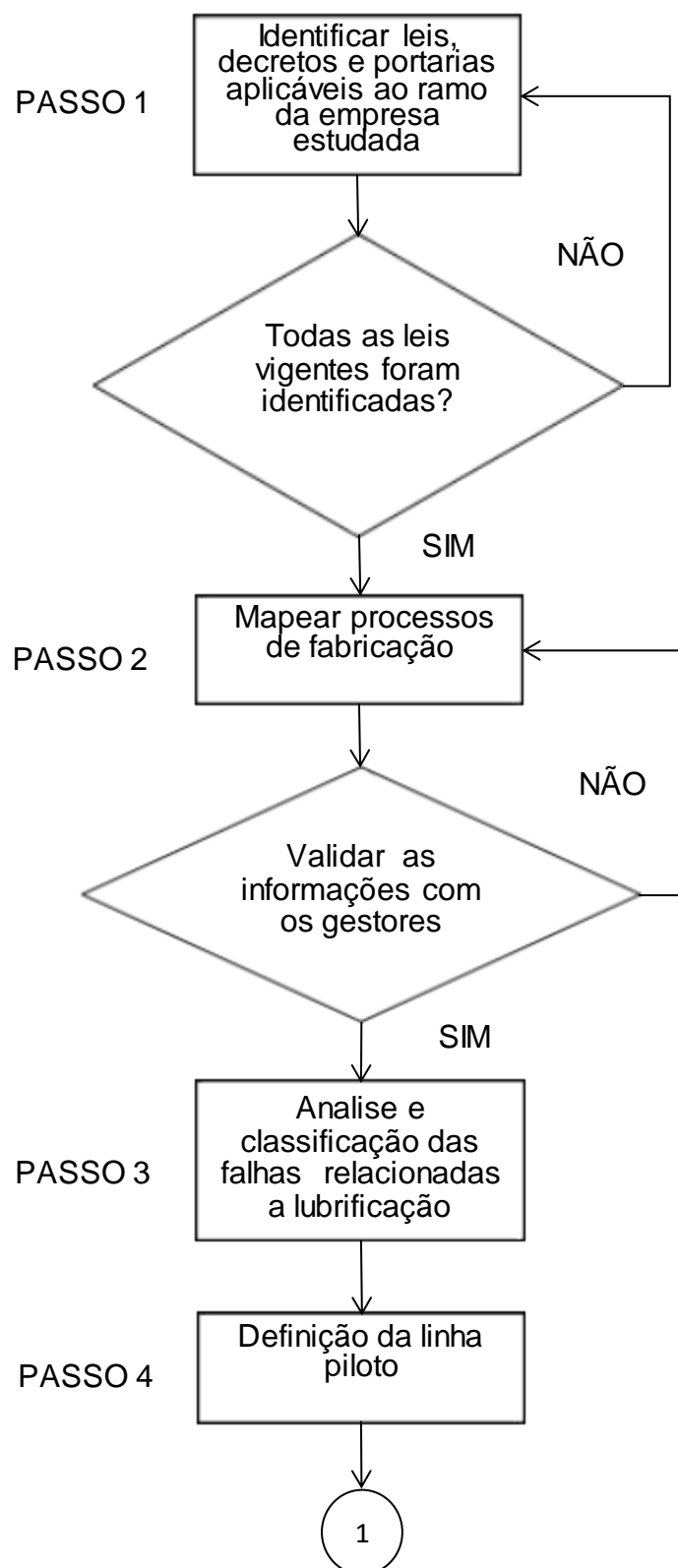
O método proposto é voltado para a indústria alimentícia, devido apresentar requisitos específicos para garantir o bom funcionamento dos maquinários e principalmente a inocuidade dos produtos, mas de forma geral, também pode ser aplicado em outros tipos de indústria.

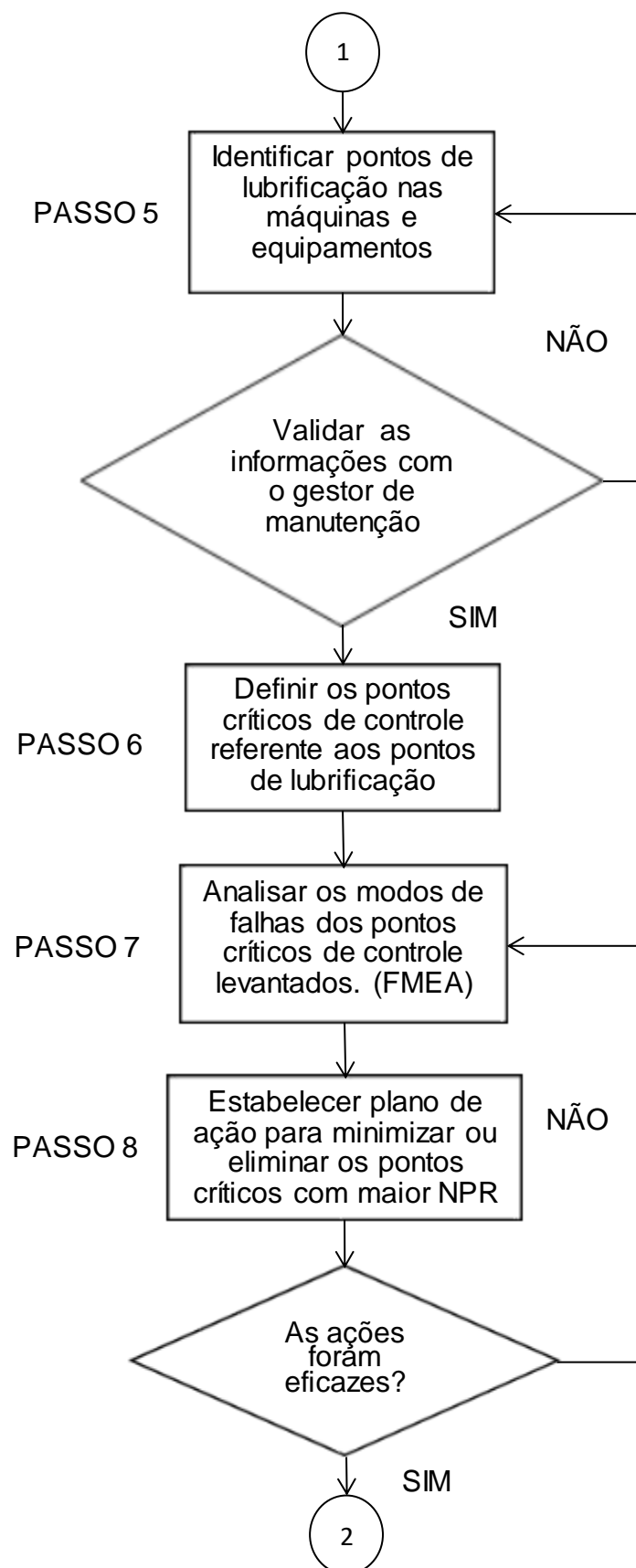
A proposta aqui apresentada, não limita-se apenas ao ramo alimentício. O método de lubrificação Industrial, também poder ser aplicado em outros tipos de indústrias.

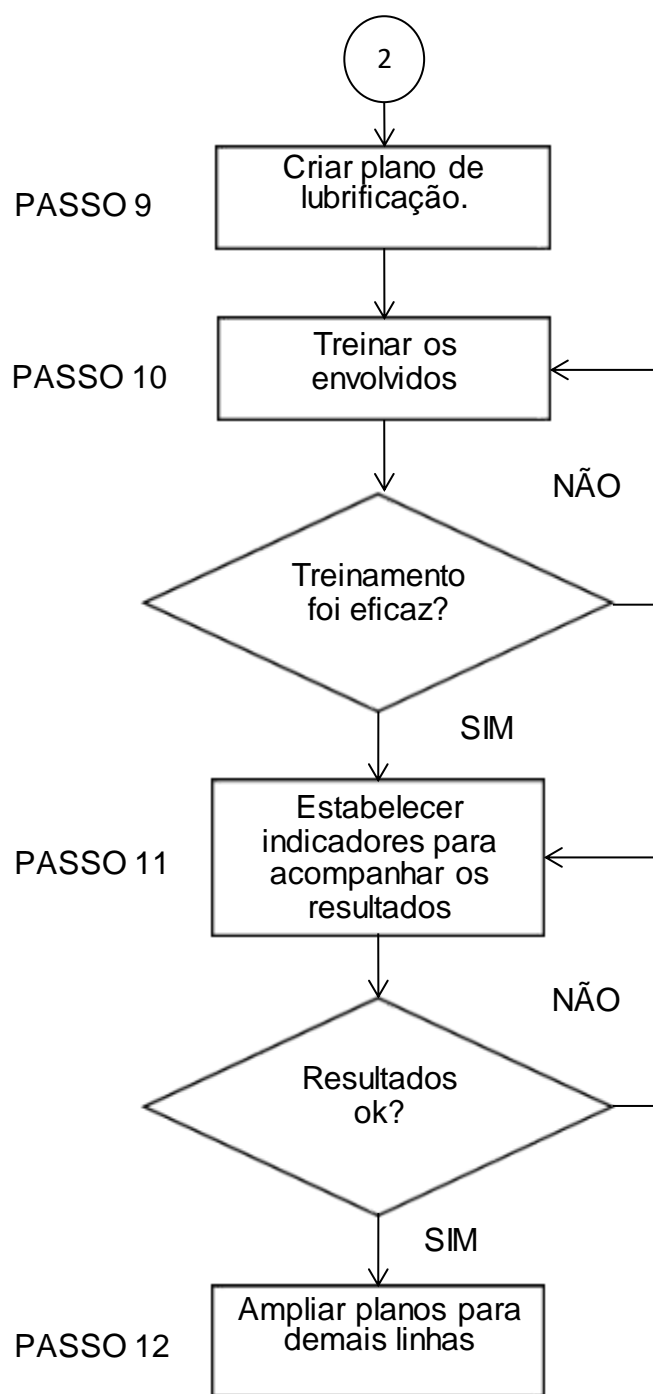
Para melhor ilustrar este capítulo, será apresentado o método de lubrificação industrial para a indústria de alimentos por meio de um fluxograma (FIGURA 5), ele está dividido em passos e cada um deles explica sua aplicação descrevendo as atividades ou apresentando algum exemplo.

No capítulo 4, é apresentado a aplicação do método em uma indústria de envase de alimentos em conserva. A finalidade é mostrar a aplicação do método proposto e dar credibilidade comparando os resultados obtidos, pois a empresa estudo de caso utiliza em seus processos de envase salmoura ácida para conservar os alimentos, e também, muita água para limpeza e higienização dos maquinários, fatores estes, que contribuem para a contaminação e deterioração das máquinas e equipamentos, necessitando assim, um método de lubrificação robusto e eficiente.

FIGURA 5- FLUXO DO MÉTODO DE LUBRIFICAÇÃO PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS







FONTE – O autor (2016)

O método proposto visa auxiliar e orientar os gestores de manutenção, na implantação de uma gestão de lubrificação adequada que atenda aos requisitos legais direcionados para a indústria alimentícia, mas que também possam ser aplicados em outros segmentos industriais, possibilitando obter uma

melhor disponibilidade operacional do maquinário, garantindo assim, uma melhor produtividade aliada a qualidade do produto.

O método está dividido em passos, e estes englobam requisitos legais, gestão da manutenção, gestão da qualidade e gestão de pessoas.

Requisitos legais: a empresa deve conhecer quais são os órgãos fiscalizadores e quais leis, decretos, portarias, normas e procedimentos que deve atender para poder fornecer seus produtos;

Gestão da qualidade: realizar o levantamento de todos os pontos críticos de controle que possam ocasionar contaminação acidental, analisar os impactos e os riscos potenciais dos lubrificantes utilizados, estabelecer ferramentas de qualidade que possam auxiliar na eliminação das potenciais causas de riscos;

Gestão da manutenção: Análise técnica das máquinas e equipamentos, levantamento dos pontos de lubrificação, verificação dos lubrificantes utilizados, definição dos meios de lubrificação, das frequências e quantidades necessárias para cada ponto de lubrificação, definição dos indicadores para controle.

Gestão de pessoas: definir equipe de lubrificação, treinar os técnicos nas instruções de trabalho, de forma que eles saibam quando, onde, como e de que forma realizar a lubrificação, atendendo aos requisitos de segurança e qualidade.

4.1 PASSO 1 - IDENTIFICAR LEIS, DECRETOS E PORTARIAS APLICÁVEIS A EMPRESAS ALIMENTÍCIAS

Aqui devem ser levantadas todas as exigências legais necessárias para uma empresa e/ou indústria operar e comercializar seus produtos.

Como a finalidade do método de lubrificação proposto é ter sua aplicação direcionada para a indústria alimentícia, a primeira análise é levantar todos os requisitos legais necessários para a empresa poder operar e comercializar seus produtos.

Todas as indústrias devem atender aos requisitos legais vigentes de acordo com seu segmento para poder fornecer seus produtos. Geralmente o departamento responsável por verificar os requisitos legais dentro das empresas

é o Sistema de Gestão a Qualidade (SGA), algumas empresas contratam empresas terceiras para gerenciar essa atividade devido as constantes alterações que ocorrem na legislação do país. Portanto, é fundamental a interação de todas as áreas da empresa com SGA. No caso da manutenção, é fundamental o conhecimento de todos os requisitos e normas que são de sua responsabilidade.

O (QUADRO 8), apresenta uma relação dos principais requisitos legais que uma indústria de alimentos precisa atender, mas serve apenas como exemplo, pois as leis e os requisitos legais podem mudar dependendo do Estado e do Município onde a empresa está instalada, de maneira geral os Estados e Municípios devem cumprir as legislações federais, mas todos tem autonomia para homologar suas próprias leis, decretos e portarias de acordo com seus interesses.

QUADRO 8- LEGISLAÇÕES PARA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

DESCRIÇÃO	LEI/DECRETO/ PORTARIA/ RESOLUÇÃO/MAN	ORGÃO RESPONSÁVEL
Instruções para procedimentos operacionais do serviço de inspeção federal (padronização de critérios)	Instruções para procedimentos operacionais do serviço de inspeção	MAPA http://www.agricultura.gov.br
Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores	PORTARIA SVS/MS Nº 326, DE 30 DE JULHO DE 1997	ANVISA http://portal.anvisa.gov.br
Regulamento técnico sobre aditivos segundo as boas práticas de fabricação e suas funções	RESOLUÇÃO Nº 386, DE 5 DE AGOSTO DE 1999	MAPA http://www.agricultura.gov.br
Manual genérico de procedimentos para APPCC em indústrias de produtos de origem animal	PORTARIA Nº 46, DE 10 DE FEVEREIRO DE 1998	MAPA http://www.agricultura.gov.br
Classes dos lubrificante de grau alimentício	CFR - Code of Federal Regulations Title 21	FDA http://www.accessdata.fda.gov
Registro dos fabricantes e dos lubrificantes para uso na indústria alimentícia	Lista positiva ou "White Book"	NSF < http://info.nsf.org/USDA/psnc listings.asp >
Sistemas de gestão da segurança alimentar Requisitos para qualquer organização que opere na cadeia alimentar	ISO 22000:2005	ISO http://www.iso.org

FONTE – MAPA; ANVISA, FDA, NSF e ISO (Acesso em 2016)

Os requisitos legais também dependem dos produtos processados, se são de origem animal ou vegetal, e pela política de venda adotada pela empresa, ou seja, se o fornecimento é local, regional, nacional ou internacional. As

exigências mudam dependendo do mercado que a empresa pretende comercializar seus produtos.

Para os demais segmentos, os requisitos legais diferenciam, como no caso do exemplo a seguir, uma empresa de corte e dobra de chapas. Se o fornecimento for para a indústria automotiva, as exigências e requisitos legais podem ser considerados uma exigência para o fornecimento, mas as cobranças em âmbito federal estadual e municipal também são conceitos básicos para o funcionamento.

Muitas normas surgiram para padronizar, e ao mesmo tempo para certificar se as empresas estão atendendo os principais requisitos legais da região onde estão instaladas, exemplo de normas:

- Sistema de Controle e gestão da Qualidade ISO.9001;
- Sistema de Controle e Gestão da Qualidade para o setor automotivo ISO. TS 19649;
- Meio Ambiente (ISO 14.000);
- Saúde e Segurança Ocupacional (OHSAS 18.000);
- Responsabilidade Social (SA 8.000);

Todas são normas que auxiliam a empresa a ter uma gestão integrada de qualidade, meio ambiente, segurança e de responsabilidade social. As duas primeiras visam atender os requisitos do cliente, a segunda faz com que as empresas cumpram as legislações vigentes e adotem medidas preventivas para evitar qualquer tipo de impacto ambiental, a terceira trata da integridade física dos funcionários e a quarta está relacionada aos deveres que a empresa tem com a sociedade.

4.1.1 Verificação se todos os requisitos legais foram atendidos

Para seguir para o próximo passo é importante ter certeza que todos os requisitos legais foram verificados e são atendidos pela empresa, pois o não cumprimento pode gerar multas e até bloqueio de fornecimento dos produtos, no

caso da indústria alimentícia a empresa pode ser interditada e proibida de funcionar.

No caso de dúvidas é interessante procurar o departamento jurídico da empresa para auxiliar na verificação.

4.2 PASSO 2 - MAPEAR PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

O mapeamento do processo auxilia no levantamento dos dados e informações que serão relevantes para a classificação das falhas relacionadas a lubrificação, e também para a definição da linha crítica, local onde se deve iniciar a implantação do método de lubrificação.

Esta etapa pode ser realizada por meio de documentação, registros da empresa, entrevistas, questionários ou observação direta.

Para desenhar o fluxo do processo, as informações podem ser do tipo conceitual, ou de processos existentes. No processo conceitual, o fluxo é desenhado pela equipe de engenharia e as informações estão disponíveis, já no fluxo do processo existente, não se tem todas as informações necessárias, portanto é preciso visitar o processo produtivo, e por meio da observação direta levanta-se todas as informações necessárias.

O fluxo pode ser desenhado de diversas formas, tais como: diagrama de blocos, fluxograma com a sequência das máquinas e atividades, escrevendo as atividades passo a passo ou com a utilização de softwares.

As informações devem mostrar todas as entradas e saídas do processo e os meios físicos necessários para produzir, no caso desse estudo as informações relevantes são:

- Tipos e quantidade de máquinas e equipamentos por linha de produção;
- Mix de produtos que são processados nos maquinários;
- Capacidade de produção das máquinas e equipamentos;
- Quantidade de operadores por máquinas;

- Apontamento das manutenções realizadas, quantidade e tempo de reparo.

Com essas informações, pode-se desenhar um fluxo mostrando a particularidade de cada linha, fator esse, que será utilizado na escolha da linha crítica, quanto aplicado o método de classificação ABC.

Quando não se tem todas as informações oficiais da empresa e os dados levantados foram apenas realizados por meio das visitas técnicas ou observação direta na linha, recomenda-se validar as informações obtidas com os gestores ou técnicos responsáveis pelo processo.

4.2.1 Validação do mapeamento de processo

Uma vez feita a escolha do método a ser utilizado para realizar o mapeamento do processo, é importante validar as informações. No caso dos dados fornecidos pela empresa, considera-se que eles já estejam validados, mas é importante conferir durante as visitas realizadas na empresa, pois pode haver algumas alterações que ocorreram e não foram formalizadas.

Quando não se tem todos os dados, e eles são obtidos por observação direta, é preciso validar as informações registradas com os gestores da empresa em estudo. Por isso, recomenda-se que sejam utilizados os documentos formais com todas as informações necessárias, conforme citado anteriormente na seção 4.2. Após a apresentação para os gestores e corrigido todas as observações realizadas por eles, pode-se seguir para o próximo passo

4.3 PASSO 3 - ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DAS FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO

Os apontamentos realizados pela equipe de manutenção em uma empresa, são de extrema importância para levantar o histórico das quebras ou panes de cada máquina e/ou equipamento, assim é possível medir a situação atual de uma gestão de lubrificação.

Os dados de manutenção geralmente são provenientes do atendimento realizado pelos técnicos de manutenção a um dado maquinário, que encontra-se parado por apresentar algum tipo de falha ou quebra. As informações básicas necessárias seguem a sequência abaixo, mas podem apresentar variações dependendo da empresa:

- ✓ Local onde foi realizado o atendimento, linha ou centro de custo, número do patrimônio, nome ou modelo da máquina ou equipamento;
- ✓ Horário que ocorreu a parada, horário inicial e final do atendimento;
- ✓ Descrição do problema encontrado;
- ✓ Descrição da atividade realizada para resolver o problema.

Considerando um exemplo hipotético onde uma máquina apresentou 216 falhas no período de 6 meses, com 8 horas de trabalho diárias de segunda a sexta feira. Supondo que entre essas falhas, ao analisar, não foi possível encontrar nenhuma que pudesse ter alguma relação com a lubrificação, mas sabe-se que a empresa não possui um plano de lubrificação eficiente e algumas vezes pode-se verificar que as máquinas trabalharam sem uma lubrificação apropriada.

Então, para estratificar essas falhas e selecionar somente as que tem alguma relação com uma deficiência de lubrificação, é preciso comparar as falhas com fatores técnicos, os sintomas que levam um maquinário a falhar por esse motivo.

A falta de lubrificação, reduz e/ou elimina a película lubrificante necessária para evitar e/ou suavizar o contato entre as partes móveis dos componentes, reduzindo assim, o principal causador das falhas mecânicas nos maquinários: o atrito. Ele é responsável por desencadear uma série de outras potenciais falhas, como:

- a) Aumento do desgaste;
- b) Dilatação das peças;
- c) Desalinhamento;

- d) Ruídos;
- e) Grimpagem.

Para relacionar os motivos a situações reais, observar a (FIGURA 6, 7 e 8). Elas apresentam algumas das características técnicas dos itens anteriores que a falta ou uma lubrificação inadequada pode causar.

FIGURA 7- EIXO QUEBRADO



FONTE – Revista meio filtrante, RUBIN (2014)

FIGURA 6- ENGRENAGEM QUEBRADAS



FONTE– Revista meio filtrante, RUBIN (2014)

FIGURA 8- ROLAMENTO DANIFICADO



FONTE- Revista meio filtrante, RUBIN (2014)

As (FIGURAS 6, 7 e 8), apresentam um caso real de um compressor que travou devido à falta de lubrificação, ao desmontar o conjunto, o técnico de manutenção constatou que o eixo (FIGURA 7) quebrou pelo aumento do atrito entre as engrenagens devido falta de lubrificação. Essa causa, também ocasionou aumento da temperatura de trabalho, desgaste das engrenagens e esforço de trabalho, afetando todo o sistema de transmissão. (RUBIN, REVISTA MEIO FILTRANTE, 2014).

Portanto, esses fatores técnicos podem auxiliar no levantamento e análise das falhas causadas pela falta de lubrificação, quando realizado no momento do reparo ou quando se tem o componente que falhou para uma análise em laboratório.

O problema é, na maioria dos casos, os técnicos não relacionarem a causa da falha com os fatores técnicos apresentados anteriormente, e ao registrar a ocorrência no banco de dados, eles acabam apontando uma descrição superficial ou genérica, omitindo a real causa.

Então, para auxiliar na seleção das falhas relacionadas a lubrificação, quando não se tem uma descrição da causa, mas existe evidências de uma má gestão de lubrificação e também, considerando que cerca de 18% das causas das falhas nos maquinários estão relacionados a uma gestão de lubrificação inadequada. (MOBLEY ,2014).

Este estudo apresenta um método que auxilia na classificação das falhas relacionadas a lubrificação, atribuindo pesos para os motivos ou descrições que tenham algum tipo de relação com a falta de lubrificação:

- Relação nula: Não existe nenhuma relação com a lubrificação;
- Relação baixa: 10% das falhas tem alguma relação com a lubrificação;
- Relação moderada: 20% das falhas tem alguma relação com a lubrificação;
- Relação alta: 30% das falhas tem alguma relação com a lubrificação.

Para utilizar os pesos, pode-se investigar os motivos apontados e montar um questionário para os técnicos que atenderam as ocorrências, ou por meio de observação direta nas máquinas e equipamentos, comparando a descrição dos motivos com a situação real.

Utilizando as 216 falhas apresentadas anteriormente, é possível identificar quantas delas tiveram alguma relação com fatores relacionados a lubrificação, apenas atribuindo os pesos acima. Para exemplificar a identificação das falhas provenientes de um problema de lubrificação, foram utilizadas as

informações “motivo de falha” e atribuídos os pesos definidos anteriormente (TABELA 1) :

TABELA 1- CLASSIFICAÇÃO DAS FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO

Motivo da Falha		Relação	Peso	Falhas relacionadas a lubrificação
Eixo X enroscando	50	Alta	0,3	15
Avental atravessado	73	Moderada	0,2	14,6
Quebra do prolongador	41	Nula	0	0
Sinal do sensor	12	Baixa	0,1	1,2

FONTE – O autor (2016)

Os pesos atribuídos aos motivos, multiplicados pela quantidade de ocorrências de falhas apontadas no período, resultou no número de falhas relacionadas com a lubrificação. Utilizando o método de classificação, pode-se identificar que entre as 216 falhas apontadas, aproximadamente 30 falhas foram ocasionadas por algum fator relacionado a lubrificação.

4.4 PASSO 4 - DEFINIÇÃO DA LINHA PILOTO

Refere-se a coleta e análise dos dados de todas as linhas de produção da empresa. A finalidade é encontrar a linha mais relevante para aplicação do método de lubrificação. Neste caso, os critérios e os métodos de classificação podem ser definidos por cada empresa. Neste estudo, será utilizado o método de classificação ABC apresentado na seção 2.6.

Os critérios para a classificação ABC utilizados podem ser:

- Segurança: análise de risco da linha quanto a condições inseguras;
- Qualidade: índice de qualidade de cada linha (%);
- Tempo de trabalho: número de turnos trabalhados, ou horas trabalhadas por ano;
- Quantidade de quebras: número de quebras no período;

- MTTR: Tempo médio de reparo (horas).
- Disponibilidade: tempo disponível do maquinário ou da linha para produção (%).

Outros critérios podem ser definidos, vai depender da necessidade de cada empresa. Para melhor entendimento da classificação ABC, pode-se verificar na seção 5.4 a aplicação do método na classificação da linha crítica dentro da empresa estudo de caso.

4.5 PASSO 5 - IDENTIFICAR PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO NAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Identificar os pontos de lubrificação nas máquinas e equipamentos. Esse procedimento pode ser realizado de duas maneiras:

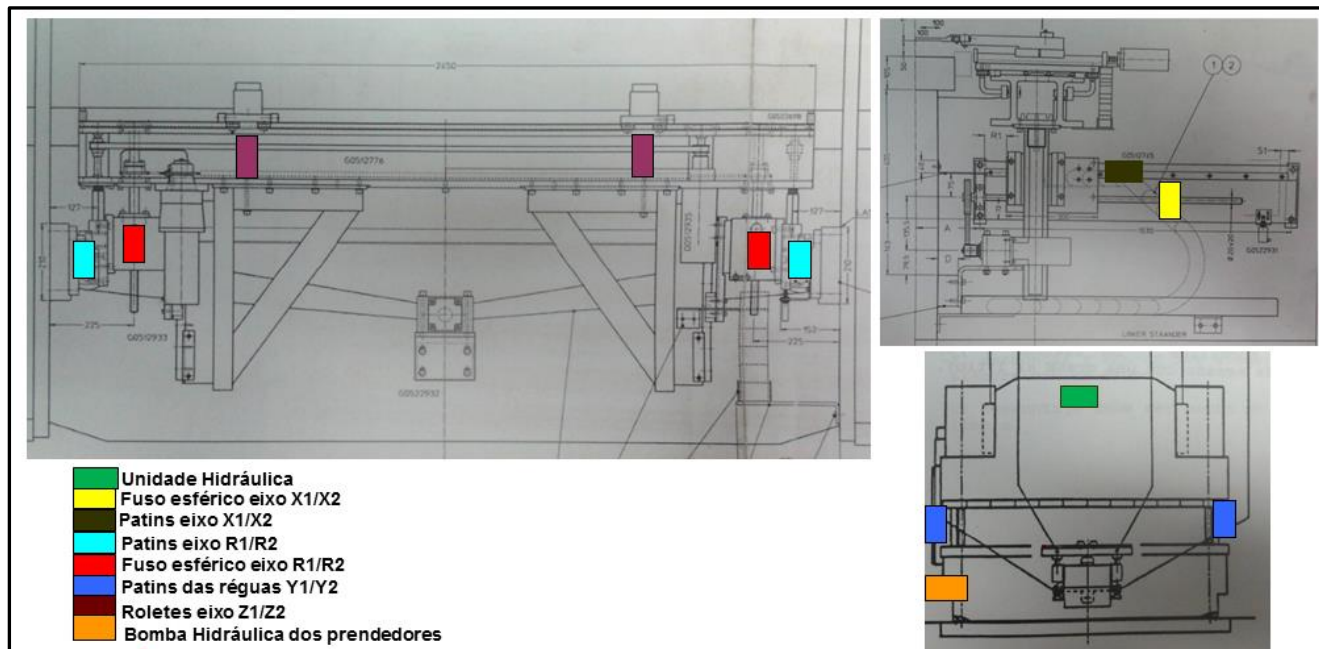
- i) Consulta ao manual do fabricante, e;
- ii) Observação direta.

A consulta aos manuais dos fabricantes, pode ser realizado fazendo o levantamento dos ativos existentes na empresa, por eles pode-se identificar todas as máquinas e equipamentos que a empresa dispõe em seus processos.

Conhecendo os maquinários é possível identificar a marca e o modelo e procurar os manuais nos arquivos da empresa ou na internet. Nos manuais, por meio da ficha técnica e do *layout* de cada máquina ou equipamento, é possível identificar os locais de lubrificação, os lubrificantes recomendados, periodicidade de lubrificação, tipos de filtros, bem como o período de troca.

A (FIGURA 9) mostra como podem ser identificado os pontos de lubrificação utilizando as informações e o *layout* contidos no manual da máquina.

FIGURA 9- PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO MÁQUINA DOBRADIEIRA LVD



FONTE – Adaptado CATÁLOGO MÁQUINA LVD (2015)

Quando não se tem todas as informações necessárias, recomenda-se seguir o procedimento da observação direta similar ao recomendado no passo 2. A representação pode ser realizada por diagrama de bloco, indicando os locais de lubrificação com as informações observadas na própria máquina. (FIGURA 10).

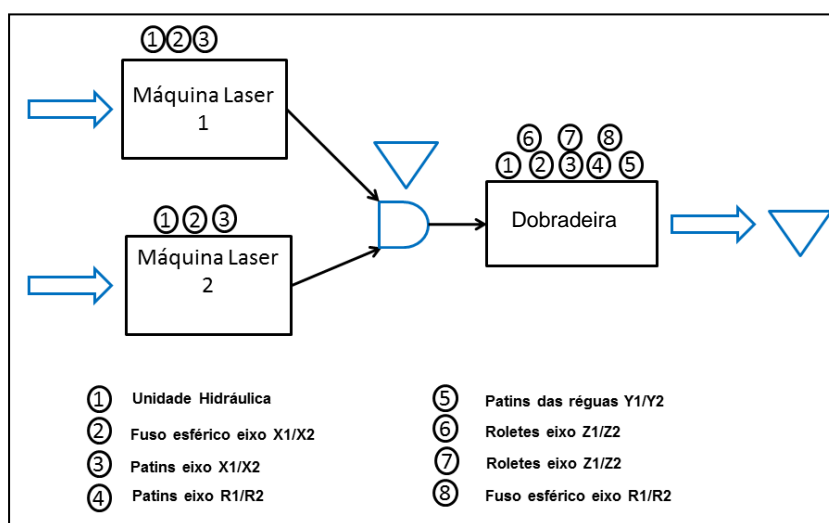
Na máquina, existem locais de depósito de graxa, bicos graxeiros nos fusos esféricos e guias dos eixos X1/X2. Para os demais locais, a lubrificação é realizada automaticamente por um sistema central.

A observação direta utiliza-se do mesmo procedimento adotado para o mapeamento do processo, a diferença agora é que o observador deve verificar nas máquinas e equipamentos, todos os pontos que necessitam de algum tipo de lubrificação. Por exemplo, todos os elementos de máquinas como: motor redutor, turbinas, mancais, rolamentos, correntes, roldanas e roletes ou partes móveis que necessitam de algum tipo de lubrificante.

É importante nesta etapa, também anotar os tipos de lubrificantes utilizados, os locais onde estão alocados, qual é o tipo de bico graxeiro e quais

os equipamentos utilizados para fazer a lubrificação. Para demonstrar os pontos de lubrificação, foi utilizado o mesmo fluxo de corte e dobra apresentado no mapeamento de processo do passo 2.

FIGURA 10- PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS LASER E DOBRADEIRA



FONTE- O autor (2016)

Na máquina dobradeira LVD, os pontos são os mesmos da (FIGURA 9). Nas máquinas a laser, além dos locais de depósito de graxa, dos bicos graxeiros nos fusos esféricos e guias dos eixos X1/X2, é preciso alimentar manualmente a unidade hidráulica com óleo mineral. Os lubrificantes para os dois equipamentos são: óleo MT204000077 e graxa MOBILUX EP 2.

4.5.1 Validação dos pontos de lubrificação

Para seguir para o próximo passo, também se faz necessário a validação dos pontos de lubrificação identificados, por isso, é muito importante realizar o mapeamento com o acompanhamento do técnico de manutenção responsável, pois nem sempre todos os pontos de lubrificação são visíveis ou podem ser vistos com as máquinas em funcionamento.

4.6 PASSO 6 - DEFINIR OS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE REFERENTES AOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO

Os PCC estão relacionados ao programa HACCP, do português APPCC, Análise de Perigos dos Pontos Críticos de Controle. O objetivo do programa é identificar os perigos específicos do processo produtivo alimentício e estabelecer medidas de contenção e preventivas.

Não é o foco desse estudo apresentar um plano de implantação do HACCP, mas sim, demonstrar como é realizado o levantamento dos pontos críticos de controle PCC, referentes aos pontos de lubrificação demonstrados no passo anterior. Isso implica em ter controle de todos os pontos críticos que podem apresentar algum risco de contaminação física, química ou biológica.

O objetivo é verificar se os pontos de lubrificação estão em locais acessíveis, se os bicos graxeiros não estão entupidos, se os pontos oferecem risco de contaminação ao executar a atividade de lubrificação ou caso de vazamento.

Também é importante analisar os lubrificantes utilizados, verificar a especificação e encontrar um lubrificante de grau alimentício com as mesmas características, conforme classes estabelecidas pela FDA título 21, levantadas no passo 1.

Para analisar a relevância dos pontos críticos de controle relacionados aos pontos de lubrificação, pode-se utilizar os seguinte critérios:

- Alta: grande possibilidade de ocorrer contaminação do alimento;
- Moderada: existe a possibilidade de ocorrer a contaminação;
- Baixa: praticamente não existe a possibilidade de ocorrer a contaminação;
- NA: não existe a possibilidade de ocorrer a contaminação.

Para ilustrar a aplicação dos critérios, serão utilizados os pontos de lubrificação levantados na máquina dobradeira. (FIGURA 9).

O (QUADRO 9) apresenta a importância dos pontos de lubrificação no funcionamento da dobradeira, no caso da indústria alimentícia, considera-se os PCC com maior relevância, ou seja, os que oferecem o maior risco de

contaminação em um possível contato acidental com o alimento. Os pontos de lubrificação com maior relevância devem ser estratificados para se elaborar o plano de ação.

QUADRO 9- CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO

PONTO DE LUBRIFICAÇÃO	MÁQUINA/EQUIPAMENTO DOBRADEIRA LDV
Unidade hidráulica	Moderada
Fuso esférico X1/X2	Alta
Patins eixo X1/X2	Alta
Patins eixo R1/R2	Moderada
Patins das réguas Y1/Y2	Moderada
Roletes eixo Z1/Z2	Moderada

FONTE - O autor (2016)

Nesse caso, os critérios foram estabelecidos considerando o impacto dos pontos de lubrificação no funcionamento da máquina, por se tratar de uma máquina utilizada na indústria metalúrgica. A matriz pode contemplar vários pontos de lubrificação, relacionados a mais de uma máquina ou equipamento, isso vai depender de quantas máquinas e equipamentos são necessários para o processamento do produto.

4.7 PASSO 7 - ANALISAR OS MODOS DE FALHAS DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE LEVANTADOS. (FMEA)

Para tratar os pontos de lubrificação que oferecem risco de contaminação moderados e altos, utiliza-se a ferramenta FMEA. Neste estudo, será utilizado um exemplo considerando a criticidade alta da máquina dobradeira. Como o modo de falha não está ligado ao risco de contaminação dos

alimentos, mas sim a importância da máquina na produtividade, as considerações e tratativas são diferenciadas.

No (QUADRO 10), é utilizado apenas o modo de falha com criticidade alta, “Fuso esférico X1/X2”, para simplificar a demonstração, mas os demais itens moderados e altos também devem ser tratados em uma situação real.

É importante observar nesse exemplo, que o valor do NPR deve ser reduzido ao máximo, observando-se o modo de falha: “Falta de lubrificação”, o nível de severidade é 10, porque a máquina parada não produz, afetando o cliente final. Portanto, pode-se mexer apenas na ocorrência e na forma de detecção. Foi isso que ocorreu, depois de implantado o controle automático de potência, o risco da máquina parar diminuiu para zero, porque a detecção da falta de lubrificação não depende mais do ser humano.

QUADRO 10- FMEA MÁQUINA DOBRADEIRA LVD- EXEMPLO DE APLICAÇÃO

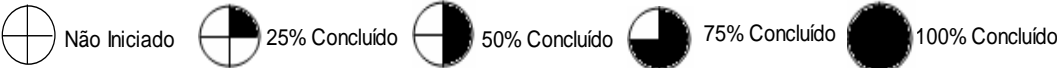




FMEA- ANÁLISE DO MODO DE FALHA E SEUS EFEITOS																
Data: 05/06/16										Nº FMEA: 0012						
Projeto: Lubrificação da máquina de dobra										Revisão: 02						
Máquina/Componente: Dobradeira LVD										Proposta por: Técnico 1, Técnico 2 e Técnico 3						
Item Função	Modo de Falha	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Causa Potencial de Falha	Ocorrência	Controle Preventivo Atual	Controle de detecção atual	Deteção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável /Dada	Ação Realizada	Severidade	Ocorrência	Deteção	NPR
Lubrificação do fuso esférico	Travamento do fuso	Máquina parada	10	Falta de lubrificação	5	Verificar se tem graxa	Visual	10	500	Controle automático de potência	Técnico 1 30/06/16	100%	10	0	0	0
	Desgaste do fuso	Mau funcionamento	6	Lubrificante errado	3	Especificar lubrificante no plano de lubrificação	Visual	10	180	Treinar operadores	Técnico 2 22/06/16	100%	6	1	10	60

FONTE – O autor (2016)

4.8 PASSO 8 – ESTABELECEER PLANO DE AÇÃO PARA MINIMIZAR OU ELIMINAR OS PONTOS CRÍTICOS COM MAIOR NPR

Os pontos de lubrificação com maior NPR deverão ser tratados por meio de um plano, onde deve conter a descrição do problema e da solução proposta, o nome do responsável pelo projeto e do responsável em executar a atividade, as datas prevista pra finalizar e a data real em que a ação foi implementada. Existem vários formatos para acompanhamento das ações, o próprio formulário do FMEA contempla o seu. A (QUADRO 11) apresenta um modelo de fácil entendimento, que pode ser monitorado por meio da evolução de cada ação até seu fechamento.

QUADRO 11- MODELO DE FORMULÁRIO PARA ACOMPANHAMENTO DAS AÇÕES

						
MÁQUINA	DESCRIÇÃO	SOLUÇÃO	PROPONENTE	DATA	RESPONSÁVEL	STATUS
Dobradeira	Não tem no estoque o potenciômetro	Abrir ordem de compra	Técnico 1	17/06/2016	Técnico 3	
Dobradeira	Compra do potenciômetro	Cobrar compras para cotar o potenciômetro	Técnico 1	18/06/2016	Técnico 2	
Dobradeira	Prazo de entrega não atende projeto	Fornecedor deve entregar na data planejada	Técnico 1	24/06/2016	Técnico 2	
Dobradeira	Falha de lubrificação no fuso esférico X1 e X2	Instalar o potenciômetro para realizar o controle automático da potência do motor do fuso X1 e X2	Técnico 1	30/06/2016	Técnico 3	

FONTE – O autor (2016)

Em alguns casos, uma ação pode estar vinculada a outra e só pode iniciar após a finalização a anterior. O (QUADRO 11) mostra exatamente um caso onde a ação de instalar o controle automático de potência do fuso esférico dos eixos X1 e X2, implicou em mais três que antecederam a principal, mas que

sem elas a ação não poderia ser concluída, por isso, a importância de acompanhar as atividades e as execuções das ações propostas em um plano separado do FMEA.

4.8.1 Verificação das ações realizada para reduzir ou eliminar os PCC

Quando um problema é solucionado utilizando o FMEA, considera-se que todos os modos de falhas foram considerados. Portanto, para verificar se a ação proposta foi concluída, basta ir até o local e conferir, mas se o problema voltar a aparecer, significa que houve falha na análise do FMEA e assim, se faz necessário uma revisão completa para que a causa raiz realmente seja atacada.

4.9 PASSO 9 - CRIAR PLANO DE LUBRIFICAÇÃO

Para estabelecer um plano de lubrificação industrial efetivo, deve-se reunir as informações dos passos anteriores. Portanto, o plano deve conter:

- a) Definição de todos os pontos de lubrificação;
- b) Definição dos lubrificantes de grau alimentício por máquina/equipamento;
- c) Todos os pontos críticos de controle tratados ou eliminados;

A estrutura do plano pode ser elaborada utilizando a ferramenta 5W1H, respondendo às perguntas da (QUADRO 12):

QUADRO 12- 5W1H PARA AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE LUBRIFICAÇÃO

O que? (What)	O que aconteceu ?	Falta de um plano de lubrificação.
Quando? (When)	Quando será realizado?	Período definido pelo fabricante ou histórico de lubrificação em máquinas ou equipamentos similares.
Onde? (Where)	Onde será realizado?	Nos pontos identificados no mapeamento das máquinas e equipamentos.
Quem? (Who)	Quem realizará as atividades?	Lubrificadores ou operadores devidamente treinados
De que forma? (Which)	Qual é a forma correta para realizar as atividades?	Por meio de um calendário de lubrificação e das instruções de trabalho (IT).
Como? (How)	Como realizar as atividades de lubrificação?	Seguir a periodicidade do calendário de lubrificação e as instruções de trabalho (IT).

FONTE – O autor (2016)

Com as respostas do 5W1H, é possível criar um plano de manutenção preventiva contemplando as atividades de lubrificação industrial. O plano pode ser definido por meio de um calendário conforme, o qual deve contemplar as seguintes informações:

- ✓ Máquina ou equipamento, número e descrição do ativo;
- ✓ Local onde será realizado a atividade, parte da máquina, frontal, traseira ou nas laterais;
- ✓ Definição da atividade, é uma inspeção, limpeza ou lubrificação;
- ✓ Descrição da atividade, apresentar o tipo da inspeção, limpeza ou lubrificação, aqui é importante contemplar a instrução de trabalho IT detalhada de como realizar cada atividade;
- ✓ Calendário, especificar a frequência e a duração das atividades, bem como, a distribuição entre os turnos de trabalho, caso tenha mais de um;
- ✓ Contemplar se a atividade pode ser executada com a máquina ou equipamento parado ou trabalhando;

- ✓ Especificar os locais que necessitam de atenção ou cuidados com a segurança;
- ✓ Incluir campo para medir a execução das atividades, onde os gestores poderão acompanhar e auditar se a atividade foi executada.

O formato do plano pode ser conforme a necessidade da empresa ou adaptado de algum formato existente. No caso desse estudo, o modelo utilizado tem o formato de um calendário, onde todas as atividades são descritas e planejadas entre os turnos de trabalho, maiores detalhes serão apresentados na seção 5.12.

4.9.1 Instrução de trabalho IT

A instrução de trabalho (IT), ou trabalho padronizado como também é conhecida, são documentos que auxiliam na execução de uma certa atividade por meio de um padrão pré-estabelecido seguindo uma sequência lógica. O princípio é similar a uma receita de bolo, ou seja, deve descrever de forma clara e objetiva o que e como fazer determinada atividade.

O formato do documento pode variar dependendo da empresa, mas o funcional é aquele que contempla 70% das atividades visual e 30% escrita. Quanto mais detalhes visuais, mais fácil para quem executa a atividade, a forma escrita serve para acrescentar detalhes ou especificar alguns cuidados de segurança.

As imagens podem ser uma sequência de fotos que apresentam a forma correta para realizar uma determinada atividade. Considera-se funcional uma instrução de trabalho, quando qualquer pessoa com o mínimo de treinamento possa executar a atividade.

Na seção 5.12.1 será apresentado um modelo de instrução de trabalho para auxiliar o método de lubrificação aqui proposto.

4.10 PASSO 10 - TREINAMENTO DOS ENVOLVIDOS

Após todas as rotas estarem programadas no plano de preventiva, as IT prontas e aprovadas, deve-se definir a equipe de técnicos que realizarão a atividade. Os mesmos devem ser treinados na documentação e na realização das atividades. É importante manter registros dos treinamentos realizados de cada técnico, referente a cada atividade e de toda a documentação, pois isso pode ser cobrado nas auditorias dos órgãos reguladores ou pelas empresas certificadoras.

Na (QUADRO 13) é possível verificar um modelo de lista para registro dos treinamentos realizados.

QUADRO 13- MODELO DE LISTA DE TREINAMENTO

LISTA DE PRESENÇA				
EMPRESA: XXXXXXXX			DATA REALIZAÇÃO: 30/06/2016	
INSTRUTOR: Técnico 1			CARGA HORÁRIA: 8 HORAS	
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:				
INSTRUÇÃO DE TRABALHO: LUBRIFICAÇÃO DA MÁQUINA VIRADEIRA LDV				
Nº	NOME	MATRÍCULA	ÁREA	ASSINATURA
1				
2				
3				
4				

FONTE – O autor (2016)

Todo e qualquer treinamento precisa ter um documento para evidenciar que a pessoa realizou o treinamento e está apta para executar a atividade. O arquivamento desse documento vai depender dos procedimentos internos de cada empresa.

4.10.1 Verificação da eficácia do treinamento

Para medir a eficácia do treinamento, pode ser aplicado um questionário contendo perguntas direcionadas ao assunto, assim antes de iniciar o treinamento, todos os participantes devem responder o questionário ao término do treinamento o instrutor deve submeter o mesmo questionário para os participantes responder novamente. Adota-se 70% de acerto como aceitável, o objetivo é verificar o conhecimento inicial do participante e comparar quanto ele assimilou do conteúdo após o treinamento, caso ele tenha um acerto inferior a 70% é importante fazer um plano de desenvolvimento individual, contemplando as dificuldades apresentadas pelo candidato.

Outra forma de medir a eficácia do treinamento é por meio de entrevistas seguidas de um relatório ou seguindo uma lista de verificação (*check list*) do conteúdo. Recomenda-se aplicar três meses após a realização do treinamento.

4.11 PASSO 11 - ESTABELECEER INDICADORES PARA ACOMPANHAR OS RESULTADOS

Os indicadores são de extrema importância para medir a situação atual e comparar o desempenho do método de lubrificação implementado ao longo do tempo.

Os indicadores propostos nesse estudo são:

- MTTR, utilizado para medir o tempo médio de reparo;
- MTBF, será utilizado para monitorar o tempo médio entre as falhas ;
- Disponibilidade A, mostrará em porcentagem o quanto a máquina ou equipamento ficou disponível para produzir.

Para demonstrar a sequência do cálculo dos indicadores, foram utilizadas as 30 falhas relacionadas a lubrificação, classificadas no passo 3, depois foi preciso identificar o tempo entre cada falha (TBF) e somar seu tempo acumulado (TABELA 2):

TABELA 2- TEMPO ACUMULADO DAS FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO

798	1316	1766	2788	3251	3350	5000	5105	5185	5265
5989	6195	6230	6285	6515	6524	6556	7230	7238	7401
7504	7547	8017	8101	8223	8417	8493	8563	8777	8982

FONTE - O autor (2016)

O TBF acumulado, mais as equações 2.0 a 2.9 apresentadas na seção 2.3 são necessários para calcular a taxa de ocorrência de falha (ROCOF) e o MTBF(t) em cada instante de tempo em que ocorreu a falha. (TABELA 3).

TABELA 3- CÁLCULO DOS INDICADORES UTILIZANDO ROCOF

Nº Falhas	t	ln(t)	m(t)	m(ti-ti-1)	r(t)	MTTF
1	798	6,682109	0,260988		0,000641	1560,147
2	1316	7,182352	0,695661	0,434674	0,001036	965,2521
3	1766	7,476472	1,238043	0,542382	0,001374	727,843
4	2788	7,93308	3,029514	1,791471	0,00213	469,5724
5	3251	8,086718	4,093933	1,064419	0,002468	405,1903
6	3350	8,116716	4,341832	0,247899	0,00254	393,6902
7	5000	8,517193	9,517785	5,175953	0,003731	268,0507
8	5105	8,537976	9,913449	0,395664	0,003806	262,7567
9	5185	8,553525	10,2202	0,306753	0,003863	258,8642
10	5265	8,568836	10,53153	0,31133	0,00392	255,0877
11	5989	8,69768	13,55674	3,025212	0,004436	225,4144
12	6195	8,731498	14,4857	0,928951	0,004583	218,2151
13	6230	8,737132	14,64652	0,160827	0,004607	217,0383
14	6285	8,745921	14,90101	0,254485	0,004647	215,215
15	6515	8,781862	15,98847	1,087459	0,00481	207,9172
16	6524	8,783243	16,03178	0,043315	0,004816	207,6419
17	6556	8,788136	16,18626	0,154474	0,004839	206,669
18	7230	8,885994	19,6082	3,421942	0,005315	188,141
19	7238	8,8871	19,65074	0,042544	0,005321	187,9414
20	7401	8,90937	20,5274	0,876662	0,005436	183,9667
21	7504	8,923191	21,09103	0,563623	0,005508	181,5423
22	7547	8,928905	21,32854	0,237511	0,005539	180,5494
23	8017	8,98932	24,00944	2,680903	0,005869	170,3777
24	8101	8,999743	24,50494	0,495501	0,005928	168,6816
25	8223	9,01469	25,23342	0,728482	0,006014	166,2788
26	8417	9,038009	26,41334	1,179921	0,00615	162,5986
27	8493	9,046998	26,88278	0,469434	0,006203	161,2018
28	8563	9,055206	27,31873	0,435956	0,006252	159,9367
29	8777	9,07989	28,67281	1,354072	0,006402	156,192
30	8982	9,102978	30	1,327195	0,006546	152,7688

FONTE – O autor (2016)

O MTTR é utilizado para medir o tempo médio de reparo. Ele pode ser calculado por meio da equação 3.1 da seção 2.3. Assim, considerando que as 30 ocorrências de falhas relacionadas a lubrificação resultaram em um total de 108 horas de reparo, então:

$$MTTR(t) = \frac{108}{30} = 3,6 \text{ horas} \quad 3.4$$

O tempo médio de reparo $MTTR(t)$ das falhas relacionadas a lubrificação foram de 3,6 horas, e o MTBF(t), 152,76 horas no período.

Utilizando a fórmula da equação 3.1, tem-se:

$$A(t) = \frac{152,76}{152,76 + 3,6} = 0,9769 \quad 3.5$$

Portanto, conclui-se que a linha de corte e dobra de chapas ficou disponível para a produção 97,69% do tempo, havendo uma perda de aproximadamente 2,5% da disponibilidade por falhas relacionadas a lubrificação.

4.11.1 Análise dos resultados dos Indicadores

A análise dos resultados consiste em acompanhar a evolução dos números, comparando os valores por meio de tabelas ou gráficos. As metas para os indicadores podem ser definidos pela alta gestão da empresa, mas de maneira geral, considera-se que, quanto menor for o valor do MTTR e quanto maior for o valor do MTBF, maior será a disponibilidade do equipamento para produzir.

4.12 AMPLIAÇÃO DO PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PARA AS DEMAIS LINHAS DA EMPRESA

Aqui considera-se que o plano foi implementado na linha crítica e o resultado dos indicadores foram satisfatórios, mas se não houve melhora nos indicadores, recomenda-se que aumente o período de análise e faça uma revisão na periodicidade de lubrificação estipulada no plano. Como a lubrificação é considerada uma condição básica para o bom funcionamento do maquinário o ideal é que não se tenha falhas por esse motivo após a implantação do método de lubrificação.

5 VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL NA EMPRESA ESTUDO DE CASO

O presente capítulo mostra a aplicação do método de lubrificação industrial, proposto no capítulo anterior, dentro de uma indústria que realiza o envase de alimentos em conserva.

Inicia-se com uma breve descrição da empresa estudo de caso e a obtenção dos dados. Na sequência, é demonstrado como foi realizada a estratificação dos dados, e a classificação dos motivos de paradas apontadas entre os meses de janeiro a outubro de 2015. Com a estratificação e classificação das falhas, define-se a linha crítica (piloto) por meio do método de classificação ABC.

Em seguida, é aplicado a sequência do método de lubrificação industrial, dentro da linha piloto CT007.1, considerada criticado pelo método ABC. A aplicação do método foi realizada em um período de três meses, e pretende analisar as dificuldades e comparar os resultados obtidos com o mesmo período do ano anterior.

5.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA ESTUDO DE CASO

A empresa utilizada nesse estudo de caso, é uma empresa nacional do setor alimentício, com mais de 50 anos de existência, e uma participação de 30% no mercado em que atua. Sua atividade principal é o envase de alimentos em conserva, frutas cristalizadas e azeite de oliva. Os mesmos podem ser detalhados da seguinte forma:

- Envase de azeitonas e tomate seco: as linhas que executam essa atividade fazem parte das linhas molhadas, elas recebem esse nome porque utilizam salmoura acidificada para conservar os alimentos, e o ambiente de trabalho é muito úmido;
- Envase de frutas cristalizadas, coco ralado, amêndoas, nozes entre outras: essas linhas são caracterizadas como linhas secas por não utilizar água ou salmoura em seus processos.

- Envase de azeite de Oliva: atividade que atualmente encontra-se parada devido à inviabilidade econômica;

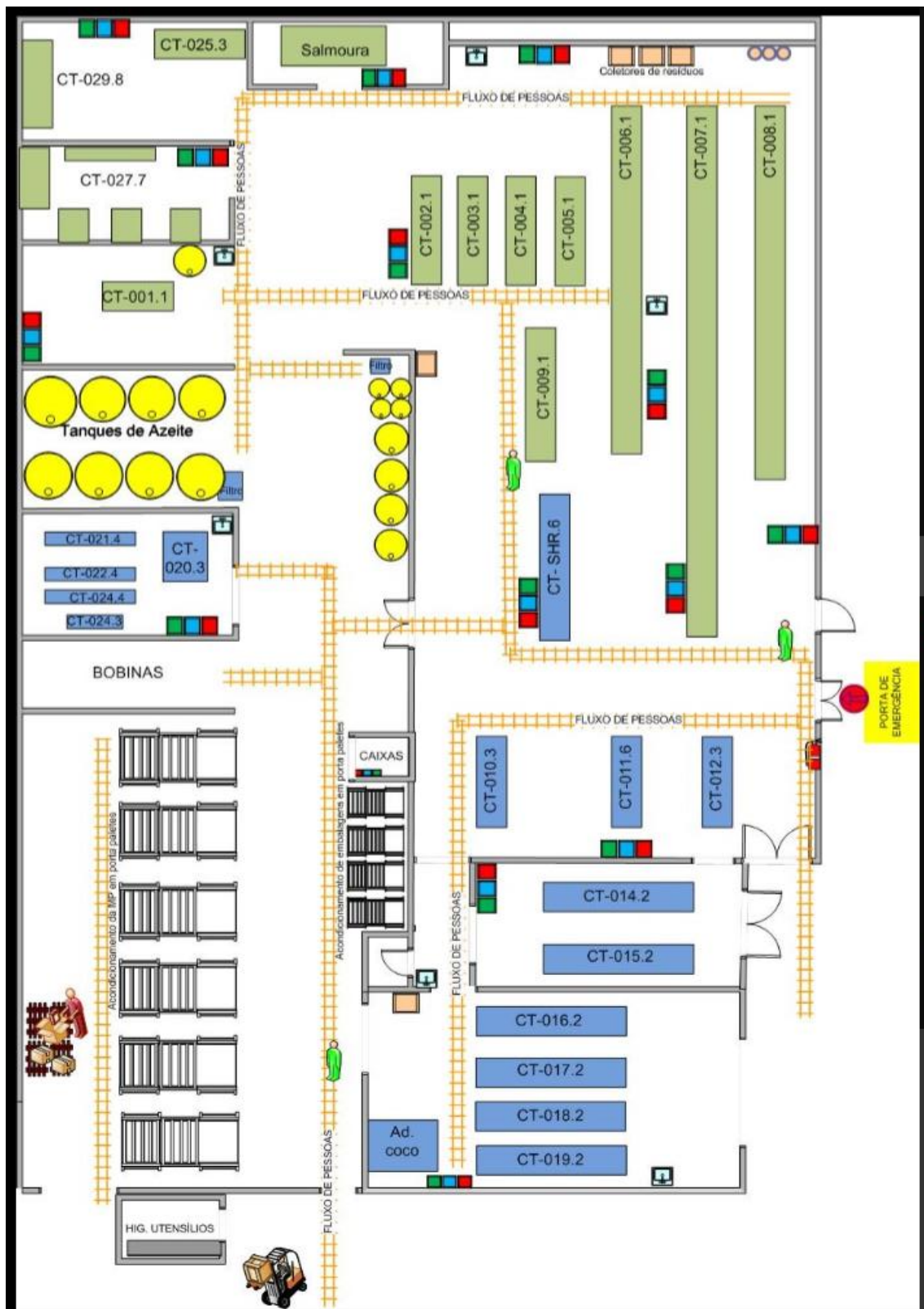
Os envases são realizados utilizando diversos tipos de embalagens como: sachês plásticos, potes de vidro e baldes plásticos. O peso varia de 20g até 300g para os sachês, de 50g até 500g para os potes de vidro e de 1kg até 5kg no caso dos baldes.

O arranjo físico das linhas dentro da planta estão conforme *layout* (FIGURA 11). Estão divididas da seguinte forma:

- a) linhas secas: totalizam 15 linhas de envase;
- b) linhas molhadas: mais 12 linhas;
- c) linhas de azeites: atualmente desativada.

Nas linhas secas e molhadas, grande parte delas, por apresentarem características como máquinas e equipamentos similares, podem processar o mesmo produto. No (QUADRO 14), mostra-se os produtos e os diferentes tipos de embalagem que cada linha pode processar. Essa flexibilidade auxilia quando existe aumento de demanda ou quando uma das linhas para, devido a falhas ou quebra de maquinário.

FIGURA 11 - LAYOUT ESQUEMÁTICO DA EMPRESA ESTUDO DE CASO



FONTE: Empresa estudo de caso (2016)

Dentro da empresa, as linhas de envase são conhecidas pelo número do centro de custo, e cada linha/centro de custo é caracterizada pela nomenclatura CT-XXX.X. No (QUADRO 14), é possível verificar os tipos de produtos, os tipos de embalagem e os seus respectivos pesos, produzidos por centro de custo.

QUADRO 14 - CENTRO DE CUSTO/LINHA DE PRODUÇÃO x PRODUTO x EMBALAGEM

CENTRO DE CUSTO	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	TIPO DE EMBALAGEM E PESO
CT-001.5	TOMATE SECO CUBOS	Balde 1kg, 2kg
	POMODORI SECCHI	Balde 1kg
CT-002.1	AZEITONA VERDE	Sachê 100g
CT-003.1	AZEITONA VERDE	Sachê 100g e 200g
CT-004.1	AZEITONA VERDE	Sachê 100g, 160g e 200g
CT-005.1	AZEITONA VERDE	Sachê 100g, 160g e 200g
CT-006.1	AZEITONA VERDE	Potes de 80, 100 e 200 g
CT-007.1	AZEITONA VERDE	Potes de 80, 100,175,300,360 e 500g
CT-008.1	CEBOLINHA CRISTALIZADA	Potes de 100, 200g
	POMODORI SECCHI	Potes de 120g
	AZEITONA VERDE	Potes de 90g
	AZEITONA VERDE	Potes de 80, 100,175,300,360 e 500g
CT-009.1	CEBOLINHA CRISTALIZADA	Balde 2 kg
	ALCAPARRA	Balde 1.2 kg
	AZEITONA VERDE FATIADO E INTEIRA	Balde 1.8kg e 2kg
	COGUMELO FATIADO E INTEIRO	Balde 1kg
CT-012.3	AMEIXA SECA	Sachê 150G e 200g
	DAMASCO SECO TURCO	Sachê 150G e 200g
	UVA PASSA	Pote 180g, 200g e 250g
	FRUTA CRISTALIZADA CUBOS	Sachê 150g e 200g
	AMÊNDOA	Pote 150g
	PISTACHE	Pote 130g
	NOZES	Pote 110g
	CASTANHA DE. CAJU	Pote 150g
	AMÊNDOA DEFUMADA	Pote 150g
	UVA PASSA	Sachê 150g
CT-013.2	AMEIXA SECA	Sachê 100g, 200g e 500g

CENTRO DE CUSTO	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	TIPO DE EMBALAGEM E PESO
	AVELÃ	Sachê 500g
	AMÊNDOA	Sachê 500g
	CASTANHA DE CAJU NATURAL	Sachê 500g
	COCO RALADO	Sachê 50g e 100g
	FRUTA CRISTALIZADAS CUBOS	Sachê 150g
	UVA PASSA	Sachê 100g, 200g e 500g
	NOZES	Sachê 100g e 500g
	DAMASCO SECO	Sachê 500g
	PISTACHE	Sachê 500g
CT-014.2	UVA PASSA	Sachê 100g
	DAMASCO SECO	Sachê 200g
	AMEIXA SECA	Sachê 100g e 200g
	AMÊNDOA	Sachê 100g
	AVELÃ	Sachê 100g
	CASTANHA DE CAJU	Sachê 100g e 200g
	PISTACHE	Sachê 100g
	UVA PASSA	Sachê 200g
CT-015.2	DAMASCO SECO	Sachê 200g
	AMEIXA SEC	Sachê 200g
	AMÊNDOA	Sachê 100g
	AVELÃ	Sachê 100g
	CASTANHA DE CAJU	Sachê 100g e 200g
	PISTACHE	Sachê 100g
	ARROZ ARBORIO	Sachê 500g e 1kg
CT-016.2	COCO RALADO	Sachê 50g, 100g
	AMEIXA SECA	Sachê 100g
	UVA PASSA	Sachê 100g, 200g
CT-017.2	COCO RALADO	Sachê 50g, 100g
	NOZES	Sachê 100g, 150g e 200g
	AMEIXA SECA	Sachê 100g
	UVA PASSA	Sachê 100g,150g e 200g
	FRUTA CRISTALIZADAS CUBOS	Sachê 150g
	COCO RALADO	Sachê 1kg
	CAST. PARA e CAJU	Sachê 100g e 200g
	AMÊNDOA	Sachê 100g e 200g
CT-018.2	COCO RALADO	Sachê 50g, 100g e 1Kg
	UVA PASSA	Sachê 100g
	AMÊNDOA	Sachê 200g

CENTRO DE CUSTO	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	TIPO DE EMBALAGEM E PESO
	NOOTZ CAST CAJU	Sachê 40g
	AVELÃ	Sachê 200g
	CASTANHA DO PARÁ	Sachê 200g
	NOZES	Sachê 100g, 150g e 200g
	UVA PASSA	Sachê 200g
CT-019.2	COCO RALADO	Sachê 40g, 100g
	CASTANHA DE CAJU	Sachê 100g
	AMEIXA SECA	Sachê 100g
	DAMASCO SECO	Sachê 200g
	NOZES	Sachê 100g
	UVA PASSA ESC S/S LV PC 50x100 g	Sachê 100g e 200g
CT-020.3	AMEIXA SECA	Sachê 500g
	UVA PASSA	Sachê 500g
	ARROZ ARBORIO	Sachê 5kg
	OREGANO	Sachê 1kg
	FRUTA CRIST CUBOS	Sachê 500g
	CAST.CAJU NATURAL	Sachê 500g
	AMÊNDOA	Sachê 500g
	TRIFUNGHI SECCHI	Sachê 1kg
	COGUMELO SHITAK	Sachê 20g, 30g e 1kg
	AMÊNDOA	Sachê 500g
	FUNGHI SECCHI MST RF DP 16x40 g	Sachê 40g
	PISTACHE NATURAL	Sachê 500g
CT-021.4	AZEITE OLIVA	Lata 200ml, 1L e 5L
CT-023.4	AZEITE OLIVA	Lata 500ml
CT-024.3	COGUMELO PORCI	Pote 50g, 60g e 75g
	FUNGHI SECCHI	Pote 75g
	TRIFUNGHI SECCHI	Pote 60g
	AMÊNDOA	Pote 150g

FONTE: Empresa estudo de caso (2016)

Demais detalhes do processo, como fluxo de produção, função de algumas máquinas e equipamentos, serão apresentados no desenvolvimento desse estudo.

5.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Durante os meses de agosto de 2015 a março de 2016, foram realizadas 8 visitas na empresa estudo de caso. Nas visitas foram verificados os processos de fabricação, as condições e a estrutura do departamento de manutenção, a documentação e os registros, a forma de armazenamento dos dados e o sistema utilizado pela empresa para auxiliar na gestão da manutenção.

A primeira atividade foi elaborar um formulário e enviar para o coordenador de manutenção da empresa, solicitando as seguintes informações:

- Layout atual da fábrica;
- ✓ Quantidade de linhas, tipos de produtos e capacidade de produção por linha;
- ✓ Tempo médio de *setup*;
- ✓ Índice de perdas de cada produto;
- ✓ Quantidade de turnos trabalhados por dia;
- ✓ Quantidade de operadores por linha;
- ✓ Estrutura funcional da manutenção;
- ✓ Tipos de graxas e óleos lubrificantes utilizados;
- ✓ Histórico de falhas apontados no último ano.

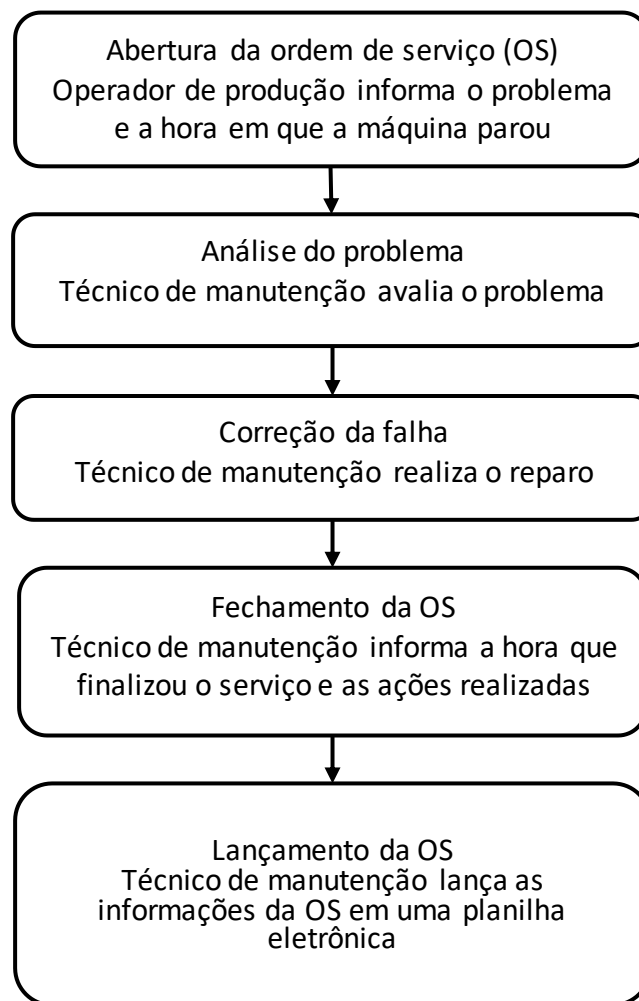
Das informações solicitadas acima, a empresa apenas não disponibilizou o índice de perda por produto, e a lista de lubrificantes utilizados nos maquinários. Os demais dados apresentados na sequência do estudo, foram coletados por meio de observação direta e entrevistas realizadas nas visitas.

5.3 CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS DE PARADA

Antes de realizar a análise dos dados, é importante entender o fluxo da informação, desde o momento em que a máquina ou equipamento para até sua liberação para a produção, e posteriormente como e onde é realizado o registro da informação.

A empresa estudo de caso não possui software específico de manutenção. As informações são geradas por meio de uma Ordem de Serviço (OS) conforme o fluxo apresentado na (FIGURA 12).

FIGURA 12- EXEMPLO DO FLUXO DE INFORMAÇÃO



FONTE – O autor (2016)

Os dados lançados pelos técnicos após executar o reparo, são armazenados na rede de computadores da empresa. Esses dados estão dispostos dentro de uma planilha da seguinte forma:

- Data, dia da ocorrência;
- Centro de custo ou linha de produção;

- Hora que foi aberta a solicitação;
- Hora que o técnico iniciou o atendimento;
- Hora que a máquina ou equipamento foi entregue para produzir;
- Tempo total que a linha ficou parada;
- Motivo, descrição da parada;
- Turno que ocorreu a parada.

O exemplo da planilha pode ser observado no (QUADRO 15). Ele contempla apenas as informações referentes aos dias 13, 14 e 15 de janeiro de 2015.

Se observar o campo “motivo”, pode-se verificar que a descrição não apresenta o verdadeiro problema, em vez disso, apresenta a máquina ou equipamento onde ocorreu a falha, em outros casos mostra o tipo da falha, mas de forma genérica, exemplo: falha elétrica, com esse tipo de descrição é praticamente impossível a causa real que levou o equipamento a falhar.

QUADRO 15- PLANILHA DE APONTAMENTO DAS PARADAS DE MÁQUINA

PARADAS DE MANUTENÇÃO							
Data	CT	Solicitação	Atendimento	Linha Liberada	Tempo Parado	Motivo	Turno
13/01/15	007.1	05:20	05:28	05:30	00:10	Painéis	1ºTURNO
13/01/15	007.1	06:15	06:15	06:30	00:15	Elétrica	1ºTURNO
13/01/15	007.1	06:47	06:47	07:00	00:13	Outros	1ºTURNO
13/01/15	007.1	14:55	15:10	16:40	01:45	Rotuladora	2ºTURNO
13/01/15	007.1	17:30	17:35	17:55	00:25	Envasadora	2ºTURNO
13/01/15	007.1	20:10	20:35	20:47	00:37	Esteiras	2ºTURNO
13/01/15	007.1	20:50	20:50	21:20	00:30	Tampadora	2ºTURNO
13/01/15	007.1	22:00	23:00	23:10	01:10	Tampadora	2ºTURNO
14/01/15	007.1	05:30	05:35	13:55	08:25	Ajuste/regulagem	1ºTURNO
14/01/15	007.1	18:50	18:52	18:58	00:08	envasadora	2ºTURNO
15/01/15	007.1	10:35	10:35	11:01	00:26	Tampadora	1ºTURNO
15/01/15	007.1	13:15	13:25	14:15	01:00	Tampadora	1ºTURNO
15/01/15	007.1	15:30	15:30	15:40	00:10	Tampadora	2ºTURNO

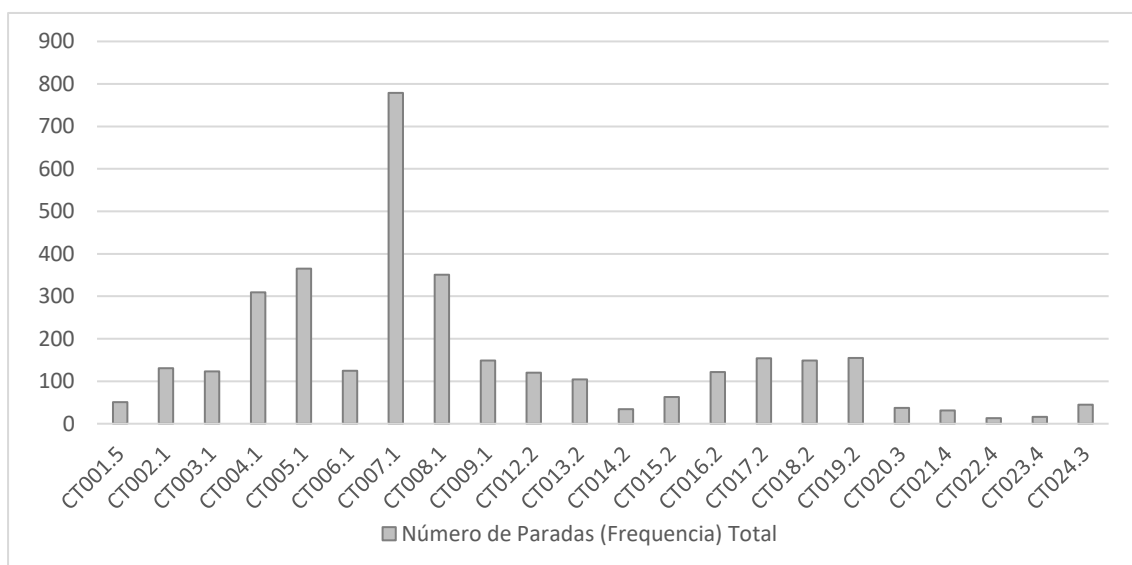
FONTE - Empresa estudo de caso (2016)

Para realizar a classificação dos motivos, foi necessário definir as seguintes atividades:

- Unificar todos os dados em uma única planilha;
- Separar os apontamentos por centro de custo, por data e por turno;
- Filtrar os dados de interesse.

Após a realização dessas atividades foi possível identificar o número total das paradas apontadas no período (GRÁFICO 1).

GRÁFICO 1- NÚMERO DE PARADAS POR CENTRO DE CUSTO (LINHAS DE PRODUÇÃO)



FONTE: O autor (2016)

O gráfico mostra todos os motivos apontados por centro de custo, ou seja, quantas paradas ocorreram em cada linha de produção de janeiro a outubro de 2015. O passo seguinte, foi analisar cada motivo e ligá-lo a falha que ocasionou a parada da máquina ou equipamento.

5.3.1 Classificação dos dados sobre as paradas relacionadas a manutenção

Conforme o (QUADRO 15), não foi possível relacionar ou classificar qualquer tipo de falha, pois os motivos apontados não possuem uma descrição específica do problema. Assim, foi acrescentado uma coluna no mesmo quadro “Descrição da falha” e após, foi enviado para o coordenador de manutenção da

empresa estudo de caso. Ele, em conjunto com os técnicos que atendem as linhas de produção nos dois turnos, responderam conforme (QUADRO 16):

QUADRO 16- DESCRIÇÃO DAS FALHAS RELACIONADAS AOS MOTIVOS APONTADOS

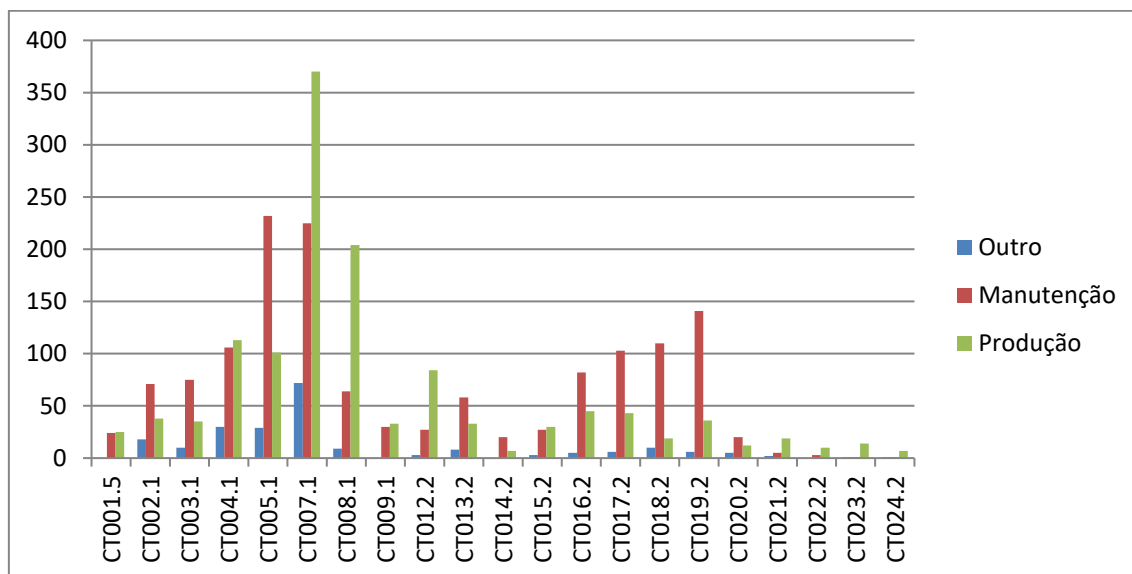
PARADAS DE MANUTENÇÃO								
Data	CT	Solicitação	Atendimento	linha Liberada	Tempo Parado	Motivo	Turno	Descrição da Falha
16/01/15	007.1	05:25	05:26	05:36	00:11	Esteiras	1ºTURNO	Regulagem da guia Lateral
16/01/15	007.1	06:00	06:00	06:06	00:06	Rotuladora	1ºTURNO	Troca de rolo do rótulo
17/01/15	007.1	07:00	07:00	07:10	00:10	Tampadora	1ºTURNO	Regulagem da Altura da correia
17/01/15	007.1	13:40	13:40	13:50	00:10	Elétrica	1ºTURNO	Regulagem do sensor da rotuladora
19/01/15	007.1	07:40	07:40	08:13	00:33	Esteiras	1ºTURNO	Correia frouxa
19/01/15	007.1	09:10	09:30	09:40	00:30	Ajuste	1ºTURNO	Regulagem do sensor da rotuladora
19/01/15	007.1	10:20	10:20	10:25	00:05	Elétrica	1ºTURNO	Regulagem do sensor da rotuladora
19/01/15	007.1	15:45	15:50	15:55	00:10	Envasadora	2ºTURNO	Calibração da balança
20/01/15	007.1	06:30	06:40	12:00	05:30	Mord/faca	1ºTURNO	Não existe nessa linha
20/01/15	007.1	14:45	15:40	16:00	01:15	Ink/videojet	2ºTURNO	Troca da tinta
20/01/15	007.1	16:30	16:35	17:00	00:30	Envasadora	2ºTURNO	Regulagem da velocidade
21/01/15	007.1	08:10	08:15	08:30	00:20	Tampadora	1ºTURNO	Pote com excesso de azeitonas
21/01/15	007.1	12:40	12:45	13:00	00:20	Tampadora	1ºTURNO	Tampa torta
21/01/15	007.1	15:20	15:22	15:45	00:25	Envasadora	2ºTURNO	Regulagem do peso
21/01/15	007.1	18:10	18:10	18:20	00:10	Tampadora	2ºTURNO	Pote com excesso de azeitonas
22/01/15	007.1	13:35	13:46	14:00	00:25	Mord/faca	1ºTURNO	Não existe nessa linha

FONTE - O autor (2016)

Ao analisar a descrição das falhas preenchidas pela equipe de manutenção da empresa estudo de caso, percebeu-se que muitas das paradas poderiam ser classificadas como atividades da produção, pois elas ocorreram decorrentes de ajustes de *setup* e não por falha dos maquinários ou equipamentos.

Quando filtrados os motivos de acordo com a descrição da falha, foi possível realizar a seguinte classificação:

GRÁFICO 2- QUANTIDADE MOTIVOS POR ÁREA



FONTE – O autor (2016)

O (GRÁFICO 2) mostra o total de paradas já classificadas por atividade dentro de cada linha de produção, as linhas CT004.1, CT005.1, CT007.1, CT008.1 e CT012.2 mostram que a maior parte das paradas estavam relacionadas ao ajuste de *setup*.

Assim, considerando o total de 2921 paradas apontadas no período em estudo entre todas as linhas de produção, 1278 eram atividades relacionadas a *setup*, 1425 eram de manutenção e 218 paradas não foram possíveis de classificar.

5.3.2 Falhas Relacionadas a Lubrificação Industrial

Na análise das 1425 paradas relacionadas a atividade de manutenção, foi verificado que entre elas, nenhuma foi caracterizada como falha ou quebra ocasionada por problemas de lubrificação, contrariando o que foi observado nas visitas técnicas realizadas ao longo do ano de 2015, tornando-se evidente a falta de informação referente a descrição das paradas apontadas.

Nas visitas, não foi observada uma sistemática ou uma gestão de lubrificação efetiva e sim, a utilização de diferentes tipos de lubrificantes, entre

óleos e graxas, sendo alguns deles de uso comum para diversos tipos de máquinas e equipamentos.

Outro ponto identificado, diz respeito ao fato da empresa utilizar salmoura ácida no envase dos seus produtos, e realizar higienização periódica semanal, utilizando muita água e detergente para lavar os equipamentos, principalmente nas linhas molhadas.

Estes fatores contribuem com a contaminação dos lubrificantes, e acelera a oxidação dos elementos de máquinas, colaborando com a deterioração e possíveis falhas.

Para auxiliar na análise, foram utilizados fatores como desgaste excessivo, quebra do componente, marcas geradas pelo atrito entre as superfícies, vazamento de óleo ou componentes com coloração azulada ocasionada por aumento da temperatura.

Porém, utilizando somente esse comparativo, verificou-se não ser possível relacionar as paradas com problemas de lubrificação, pois os componentes substituídos já haviam sido descartados, impossibilitando realizar uma análise detalhada, assim foi necessário utilizar o método de classificação de falhas relacionadas a lubrificação proposto anteriormente.

QUADRO 17 - RELAÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO COM AS PARADAS APONTADAS ENTRE JANEIRO A OUTUBRO DE 2015

Motivos	Descrição realizada pelos técnicos de manutenção	Relação com a lubrificação
Outros	Apontamento para pequenas paradas	Nula
Elétrica	Cabos, Sensores	Nula
Ajuste e regulagem	Regulagem de peso, guias das esteiras, alturas, distância dos sensores	Nula
Mordente/faca	Resistência que não chega na temperatura ideal	Nula
Rotuladora	Ajustes relacionados a Setup ou que ocorrem durante o processo	Baixa
Esteira	Travamento do eixo, quebra do rolamento	Alta
Varper	(Marca da balança) perda de regulagem ou calibração	Nula
Termopar	Queima ou mau contato	Nula
Tampadora	Ajustes relacionados a Setup ou que ocorrem durante o processo	Baixa
Estrutura	Quebra ou aperto de parafusos	Baixa

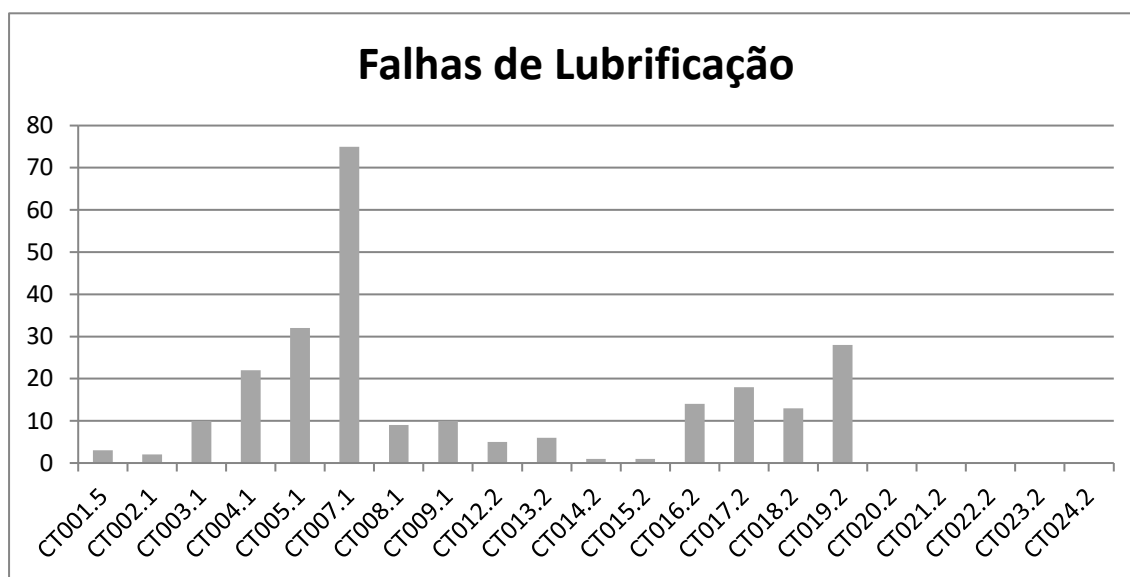
Motivos	Descrição realizada pelos técnicos de manutenção	Relação com a lubrificação
Fotocélula	Ajuste ou troca da fotocélula	Nula
Troca do formato	Paradas relacionadas ao setup	Nula
Balança	Perda de regulagem ou calibração	Nula
ink/videojet	Regulagem do jato de tinta ou abastecimento	Nula
Envasadora	Paradas relacionadas ao setup e a falhas	Baixa
Troca do datador	Troca do jato de tinta	Nula
Shrink	Paradas relacionadas regulagem e troca do rolo de filme	Moderada
Esterilizador	Paradas relacionadas ao setup e a falhas	Baixa
Tanque salmoura	Regulagem da boia	Nula
Troca sensor	Queima do sensor	Nula
Virador	Vazamento ou desgaste	Alta
Mesa/pinça	Regulagem do giro da mesa ou da pinça que abre o sachê	Nula
Mangueira/válvula	Troca da mangueira de ar ou da válvula solenóide	Baixa
Rotuladora	Ajustes relacionados a setup ou que ocorrem durante o processo	Baixa

FONTE – O autor (2016)

Os critérios e pesos, foram enviados para o coordenador de manutenção da empresa estudo de caso. Ele, em conjunto com os técnicos de manutenção dos dois turnos, relacionaram as descrições realizadas anteriormente, atribuindo os pesos.

O resultado da classificação das falhas relacionadas a lubrificação obtido após a atribuição dos pesos pode ser verificado no (GRÁFICO 3):

GRÁFICO 3- QUANTIDADE DE FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO POR LINHA



FONTE – O autor (2016)

Os resultados mostram, entre as 1425 falhas apontadas, 249 ocorreram devido algum problema relacionado a lubrificação. As linhas que mais tiveram paradas relacionadas a lubrificação foram: primeiro a CT007,1 com 75 falhas, segundo a CT005.1 com 32 falhas e em terceiro a linha TC019.2 com 28 falhas.

5.4 CLASSIFICAÇÃO ABC PARA ESCOLHA DA LINHA CRÍTICA

A seleção de uma linha crítica possibilita um estudo direcionado, onde a metodologia desenvolvida e aplicada, uma vez validada, pode ser replicada entre as demais linhas de produção (MOBLEY, 2014).

Mediante as informações fornecidas pela empresa, foi possível apurar os dados relevantes para a classificação da linha crítica.

Após as visitas e as entrevistas realizadas com o coordenador e os técnicos de manutenção, com base na análise dos dados de paradas realizados até então, na produtividade das linhas e nos riscos de segurança e ambientais, foram definidos os critérios para a classificação ABC (TABELA 4). Esses critérios foram aprovados pelos especialistas da empresa, gerente de produção e coordenador de manutenção.

TABELA 4- CRITÉRIO PARA CLASSIFICAÇÃO ABC

CRITÉRIOS	Classe		
	A	B	C
Segurança/Meio Ambiente	Forte Influência = 2	Qualquer Influência= 1	Nenhuma Influência = 0
Turnos trabalhados	3 turnos/dia	2 turnos/dia	1 turno/dia
Produtividade (Tonelada)	$P \geq 1000 T$	$1000 T \leq P \leq 500 T$	$P \leq 500 T$
Tempo de parada (horas)	$TP \geq 100 h$	$100 h \leq TP \leq 50 h$	$TP \leq 50 h$
Tempo médio de reparo (horas)	$MTTR \geq 1 h$	$1 h \leq MTTR \leq 0,5 h$	$MTTR \leq 0,5 h$
Frequência de falhas	$FF \geq 100$	$100 \leq FF \leq 50$	$FF \leq 50$
Frequência de falhas (lubrificação)	$FL \geq 100$	$100 \leq FL \leq 50$	$FL \leq 50$

FONTE: Adaptado JIPM (1995)

Além dos critérios já estabelecidos, ainda foi preciso definir algumas regras para o caso de haver mais de uma classificação A, ou seja, apenas uma linha escolhida.

Assim, foram definidas as seguintes regras:

- ✓ A linha que receber classificação A em todos os critérios;
- ✓ A linha com maior quantidade de classificação A seguidas de B;
- ✓ A linha com maior quantidade de classificação A ou maior quantidade de B seguidos de C.

Os números apresentados a seguir foram retirados e compilados dos dados fornecidos pela empresa, da planilha de produtividade e do (ANEXO 1).

TABELA 5 - CLASSIFICAÇÃO ABC PARA SELEÇÃO DA LINHA CRÍTICA

CLASSIFICAÇÃO DA LINHA CRÍTICA (dados de janeiro a outubro de 2015)								
Classificação ABC	Centro de Custo (CT) (linha de Produção)	Índice de Segurança e Meio Ambiente	Turnos Trabalhados por dia	Produtividade (Tonelada)	Tempo de Parada (h)	MTTR (h)	Número de Paradas (Frequência) Total	Número de Falhas (Frequência) Relacionadas a Lubrificação
C	001.5	A	C	C	C	B	C	C
		2	1	180,0	22,25	0,93	24	4
C	002.1	A	C	C	B	A	B	C
		2	1	154,4	90,45	1,27	71	5
C	003.1	A	C	C	B	B	B	C
		2	1	351,2	65,18	0,86	76	4
C	004.1	A	B	B	B	B	A	C
		2	2	510,4	84,13	0,61	138	6
B	005.1	A	B	B	A	B	A	B
		2	2	847,1	101,20	0,80	127	32
C	006.1	A	C	C	C	B	C	C
		2	1	229,9	25,25	0,56	45	0
A	007.1	A	B	A	A	B	A	A
		2	2	3488,2	237,08	0,74	319	75
B	008.1	A	B	B	A	B	A	B
		2	2	831,4	122,18	0,91	134	29
C	009.1	A	B	B	B	B	A	C
		2	2	827,3	74,35	0,92	81	6
C	012.2	B	C	C	C	B	C	C
		1	1	200,0	22,90	0,72	32	3
C	013.2	B	C	C	C	B	B	C
		1	1	312,5	46,48	0,76	61	3
C	014.2	B	C	C	C	B	C	C
		1	1	301,2	22,68	0,99	23	1
C	015.2	B	C	C	C	A	C	C
		1	1	117,0	40,20	1,49	27	1
C	016.2	B	C	C	B	B	B	C
		1	1	89,2	62,02	0,91	68	6
C	017.2	B	C	C	B	B	B	B
		1	1	440,9	82,12	0,83	99	15
C	018.2	B	C	C	B	B	A	C

CLASSIFICAÇÃO DA LINHA CRÍTICA (dados de janeiro a outubro de 2015)								
Classificação ABC	Centro de Custo (CT) (linha de Produção)	Índice de Segurança e Meio Ambiente	Turnos Trabalhados por dia	Produtividade (Tonelada)	Tempo de Parada (h)	MTTR (h)	Número de Paradas (Frequência) Total	Número de Falhas (Frequência) Relacionadas a Lubrificação
		1	1	458,9	99,45	0,85	117	10
C	019.2	B	C	B	B	B	A	B
		1	1	621,6	95,85	0,86	112	28
C	020.3	B	C	C	C	A	C	C
		1	1	63,0	21,07	1,24	17	0
C	021.4	B	C	C	C	C	C	C
		1	1	33,5	7,13	0,23	31	1
C	022.4	B	C	C	C	B	C	C
		1	1	50,1	8,43	0,84	10	0
C	023.4	B	C	C	C	A	C	C
		1	1	44,8	12,22	1,02	12	0
C	024.3	B	C	C	C	A	C	C
		1	1	44,8	10,43	1,30	8	0

FONTE: O autor (2016)

Considerando os critérios estabelecidos na (TABELA 5), e as regras estipuladas anteriormente, o resultado foi: uma linha com classificação A, duas com classificação B e o restante com classificação C. Portanto, a linha que mais impactou a empresa no período foi a CT-007.1.

Portanto, a linha CT-007 que realiza o envase das azeitonas em potes de vidro, será a linha piloto para o estudo e aplicação do método de lubrificação industrial.

5.5 LEIS PARA A INDÚSTRIA DE ENVASE DE PRODUTOS EM CONSERVA

As atividades da empresa estudo de caso está relacionada ao envase e empacotamento de frutas secas, cristalizadas e produtos em conserva como azeitonas.

A empresa possui licença de funcionamento da secretaria municipal de saúde e da Agência Nacional De Vigilância Sanitária (ANVISA), das quais recebe auditorias periódicas para verificação das instalações e dos processos. Ela atende:

- ✓ Manual de Boas Práticas incluindo os Procedimentos Operacionais Padronizados - POPs (conforme RDC nº 216/04-ANVISA);
- ✓ Plano de Prevenção a Riscos Ambientais - PPRA;
- ✓ Plano de Controle Médico e Saúde Operacional - PCMSO;
- ✓ Atestado de saúde para todos que manipulam alimentos, devendo constar no atestado a expressão "APTO PARA MANIPULAR ALIMENTOS" (conforme Portaria da Secretaria Municipal de Saúde nº 043/99;
- ✓ Certificado de Treinamento em Manipulação de Alimentos (emitido por empresas credenciadas junto a Vigilância Sanitária) para todos que manipulam Alimentos no Estabelecimento (conforme Lei Municipal nº 5980/2002 e Decreto Municipal nº 2064/03);
- ✓ Alvará de Licença da Prefeitura e Certidão de Zoneamento;

A empresa também atende a legislação com a Resolução - CNNPA nº 13, de 15 de julho de 1977, e a legislação específica para frutas e ou hortaliças em conserva por meio da Resolução - RDC nº 352, de 23 de dezembro de 2002, a qual regulamenta e complementa a legislação geral, incorporando as medidas específicas que devem ser adotadas a fim de garantir a qualidade e inocuidade das frutas e hortaliças em conserva, com os regulamentos técnicos específicos. Essa Resolução contempla ainda uma lista de verificação das Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos produtores/ industrializadores dessa categoria de produtos.

5.6 MAPEAMENTO DO PROCESSO

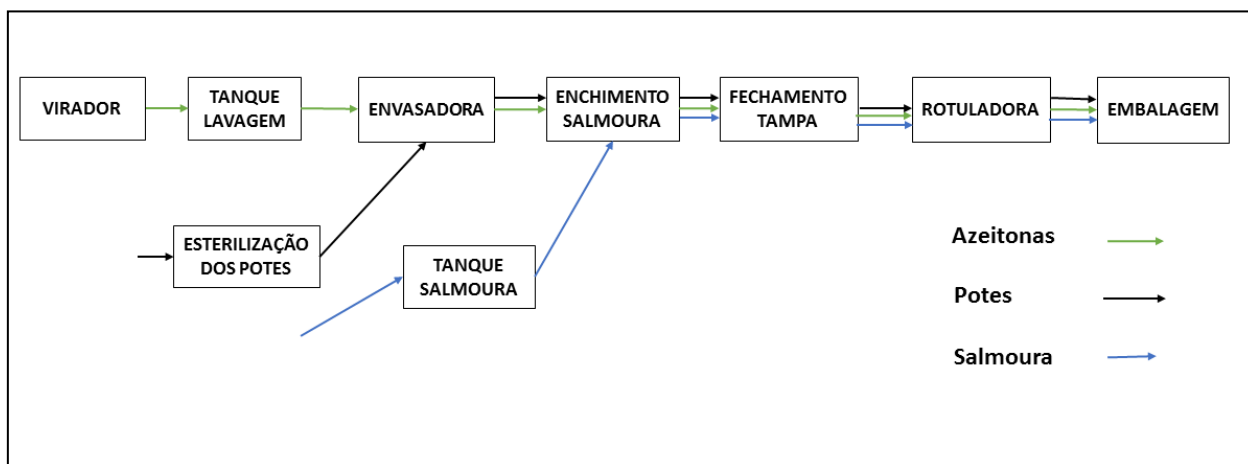
No processo de envase da linha CT007.1, as azeitonas chegam no recebimento da empresa em tambores plásticos. Cada tambor pesa entre 180kg e 220kg e a movimentação até a linha é realizada por empilhadeira.

Chegando na linha, o operador abastece colocando o tambor em um equipamento chamado virador. Esse equipamento possui um sistema hidráulico que eleva o tambor cheio de azeitonas e o vira, despejando as azeitonas dentro de um tanque de inox. Do tanque, as azeitonas são transportadas por um elevador de caneca até o equipamento chamado de peneira, neste equipamento, as azeitonas são lavadas com água para retirar o excesso da salmoura, depois seguem através de outro elevador de canecas até a máquina de envase.

O funcionamento da máquina de envase é similar a um carrossel, na parte superior ela possui 24 canecos, esses canecos recebem as azeitonas que caem do elevador, quando cada caneco atinge o peso estipulado, libera automaticamente as azeitonas que caem em um funil. A medida que a máquina gira, simultaneamente na parte inferior entram os potes de vidros vazios, cada um encaixa em um funil, em seguida as azeitonas que estavam no funil caem por gravidade e enchem o pote, os potes cheios são empurrados para uma esteira transportadora.

Por meio dessa esteira, os potes cheios são transportados para os demais processos, como: enchimento da salmoura, fechamento dos potes, etiquetadora e embalagem final (FIGURA 13).

FIGURA 13- FLUXO DA LINHA DE ENVASE CT007.1



FONTE- O autor (2016)

Analisando o risco de contaminação de todo o processo, pode-se dizer que ele está dividido em duas partes.

- Primeira: da entrada até o fechamento do pote na máquina “Tampadora”;
- Segunda: após o pote ser fechado.

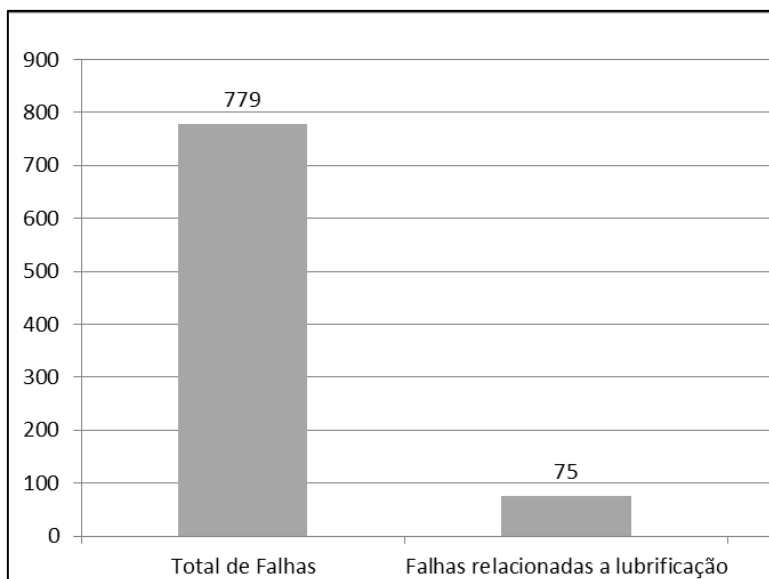
No primeiro caso o risco pode ser considerado alto, pois as azeitonas estão expostas ao ambiente, já no segundo caso, os potes já estão fechados, portanto o risco é praticamente nulo.

5.7 FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO DA LINHA CT007.1

Nesta etapa será utilizado o estudo de classificação de falhas realizado na seção 5.3.2, onde foram estratificadas todas as falhas relacionadas a lubrificação considerando todas as linhas de envase.

O (GRÁFICO 4) mostra a estratificação das falhas relacionadas a lubrificação referente ao apontamento realizado de janeiro a outubro de 2015.

GRÁFICO 4 - APONTAMENTO DE FALHAS LINHA CT007.1



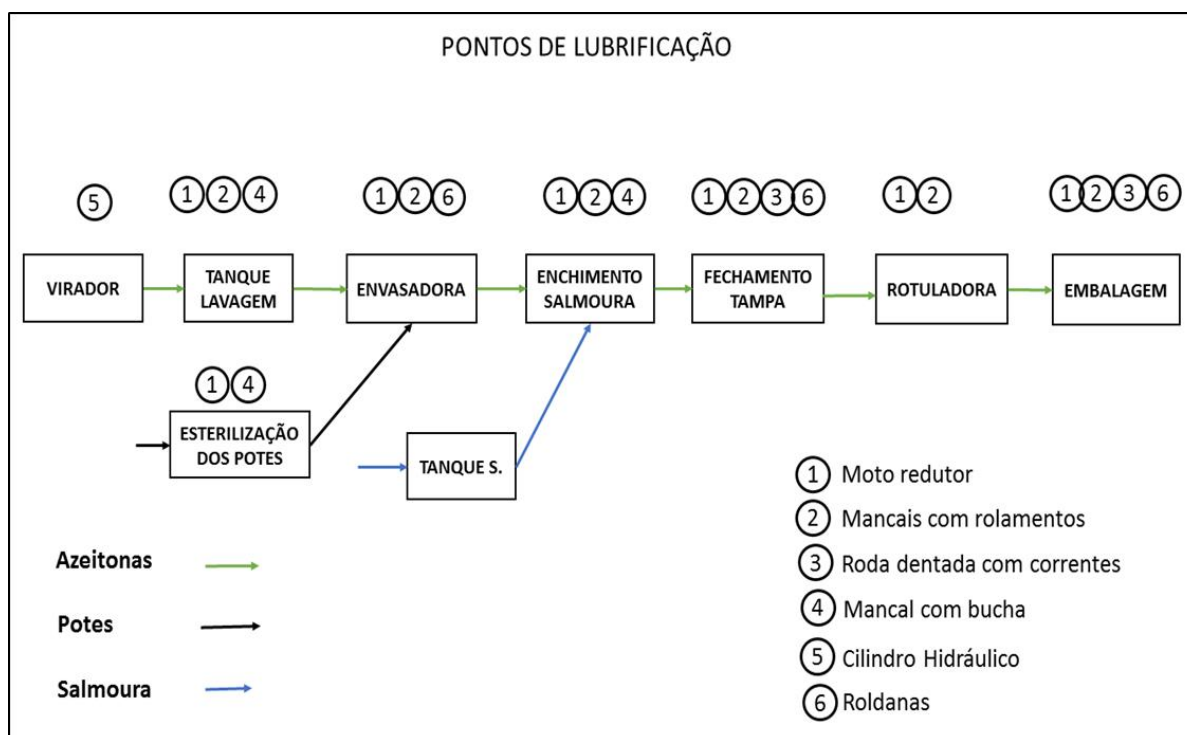
FONTE – O autor (2016)

O resultado mostra que, dos 779 motivos apontados, 75 estavam relacionados a algum tipo de falha gerada pela inexistência ou por uma lubrificação inadequada. O método proposto visa diminuir ou eliminar todos os tipos de falhas relacionadas a lubrificação.

5.8 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA CT007.1

Para realizar o mapeamento dos pontos de lubrificação, foi utilizado o fluxo do processo da seção 5.6, a finalidade agora foi identificar todos os pontos de lubrificação e os lubrificantes utilizados em cada máquina e equipamento. A (FIGURA 14) mostra os principais pontos de lubrificação identificados em cada maquinário.

FIGURA 14 - FLUXO DO PROCESSO LINHA CT007.1 COM IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO



FONTE – O autor (2016)

Os pontos de lubrificação foram levantados em conjunto com os técnicos de manutenção na visita realizada a empresa e validado pelo coordenador de manutenção.

5.8.1 Lubrificantes utilizados

Nos cilindros hidráulicos do virador, a empresa utiliza o óleo hidráulico *Castrol Hyspin HDH 7000*, que é um óleo de alta performance com propriedades antioxidantes de base mineral, adequado ao ambiente altamente corrosivo das linhas molhadas.

Para os redutores, a empresa utiliza o óleo Ipiranga SP 320 de base mineral. Ele é específico para caixas de engrenagens e mancais industriais. Sua principal característica é oferecer maior proteção quanto ao desgaste e

propriedades contra corrosão, formação de espuma, resistência a oxidação, resistência de película e também possui excelente estabilidade térmica. (CATALOGO, IPIRANGA, p. 69, 2006).

Para os demais elementos de máquinas como: correntes, rodas dentadas, mancais com bucha ou rolamento, a empresa utiliza a graxa Molytour GF-00, ela é uma graxa semifluida, à base de óleo sintético e sabão de lítio que contém aditivos especiais contra corrosão, oxidação e desgaste.

Para uso geral é utilizado o óleo Spray Atóxico Molykil Multiuso FG, que é um lubrificante atóxico multiuso com aditivos especiais, os quais oferecem propriedades anti-desgaste, e um fator de serviço para trabalhar com extrema pressão juntamente com proteção contra corrosão e oxidação.

Entre os lubrificantes acima, pode-se observar que apesar das características técnicas de aplicação serem atendidas, o óleo hidráulico e o óleo para redutores são de base mineral, que não são recomendados para a indústria alimentícia, pois podem contaminar o alimento no caso de um vazamento ou de um contato acidental.

No caso dos lubrificantes hidráulicos, a sugestão para a utilização é Molykote L-0115 FM, pois ele auxilia a prevenir o desgaste e interrupção do processo no sistema de transmissão de força e componentes. Comparando com óleos convencionais, também oferece maior resistência à oxidação, boa performance a altas temperaturas e sob cargas pesadas, maximização dos intervalos de manutenção e mantém as características de viscosidade nas amplas faixas de temperatura.

Para os redutores, a recomendação é o óleo Molykote L-0115 FM, ele auxilia a prevenir o desgaste e interrupção do processo no sistema de transmissão de força e componentes. Comparando com óleos convencionais, também oferece maior resistência à oxidação, boa performance a altas temperaturas e sob cargas pesadas, maximização dos intervalos de manutenção e mantém as características de viscosidade nas amplas faixas de temperatura.

Além da linha de lubrificantes atóxicos citados acima, pode-se utilizar a linha atóxica da Kluber lubrificantes, pois ambas atendem as normas da FDA título 21.

5.8.2 Armazenamento dos lubrificantes

A primeira recomendação referente a armazenagem dos lubrificantes na indústria de alimentos, é não misturar os lubrificantes de grau alimentício com os demais lubrificantes de origem mineral, e manter sempre em locais fechados e controlados.

Já os demais lubrificantes devem ser armazenados fora do ambiente fabril, em locais de fácil acesso, contendo sistemas de contenções em caso de derramamento acidental.

Na empresa estudo de caso, como constatado na (FIGURA 15), a área de armazenamento dos lubrificantes minerais está localizada fora da área fabril, próximo ao departamento de manutenção, enquanto os lubrificantes de grau alimentício, por estarem em embalagens menores, estão armazenados no almoxarifado.

FIGURA 15- ÁREA DE ARMAZENAGEM DOS LUBRIFICANTES MINERAIS



FONTE – Empresa estudo de caso
(2016)

A área de armazenagem está isolada, e contempla uma bandeja de contenção em caso de vazamento ou derramamento acidental. A sugestão dada a empresa foi de providenciar um kit de emergência contendo serragem, espumas de absorção e os EPIs como: luva látex e máscara, e deixar ao lado da área para casos de emergência.

5.9 ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE REFERENTE A LUBRIFICAÇÃO

Para a definição dos pontos críticos de controle PCC relacionados aos pontos de lubrificação, serão utilizadas as recomendações do programa HACCP, uma vez que a empresa não possui o programa implementado.

5.9.1 Virador/tombador

Esse equipamento é utilizado para abastecer a linha de azeitonas, ele funciona através de um acionamento hidráulico e utiliza óleo de base mineral Castrol Hyspin HDH 7000.

O risco potencial do equipamento está relacionado ao rompimento de uma das mangueiras, ou de um dos retentores internos do cilindro, isso pode ocasionar um vazamento por gravidade ou quando o operador acionar a bomba hidráulica.

FIGURA 16- DOBRADEIRA



FONTE – Empresa estudo de caso (2016)

Outro risco potencial pode ocorrer quando os técnicos realizam o reparo do equipamento, pois pode gerar vazamento e derramamento de óleo.

5.9.2 Peneira giratória

A peneira giratória, que é um equipamento para lavagem das azeitonas, possui um motor redutor na parte superior (FIGURA 17), as demais partes móveis não recebem nenhum tipo de lubrificante.

Segundo a SEW (2006), fabricante de motores redutores, os produtos que trabalham com corrente até 9A, a temperatura pode variar de 40°C a 70°C e utilizam óleo mineral, o mesmo é prejudicial à saúde humana em caso de contato acidental com o alimento.

FIGURA 17- PENEIRA GIRATÓRIA



FONTE – Empresa estudo de caso (2016)

Considerando a posição do motor redutor, qualquer vazamento ou até mesmo um descuido dos técnicos de manutenção ao realizar o reparo, pode ocasionar a contaminação das azeitonas.

5.9.3 Elevador de Caneca

O elevador de caneca é responsável pelo transporte das azeitonas do nível mais baixo para o nível mais alto, nessa linha existem dois elevares de canecas, um que transporta as azeitonas do tanque até a peneira de lavagem e

outro até a máquina de envase, no elevador tem dois pontos que podem ser considerados críticos.

O primeiro, na posição do motor redutor, como no caso da peneira giratória, está sobre as azeitonas e pode ocorrer contaminação acidental.

FIGURA 18- ELEVADOR DE CANECA



FONTE – Empresa estudo de caso (2016)

O segundo, no eixo do elevador (FIGURA 19), o mesmo possui mancais com rolamentos que necessitam de lubrificação, como também está posicionado sobre as azeitonas, o risco é similar ao do motor redutor. A graxa utilizada é de grau alimentícia, mas não existe critério ou instrução de trabalho para orientar o lubrificador.

FIGURA 19- MANCAL DO ELEVADOR DE CANECAS



FONTE –Empresa estudo de caso (2016)

5.9.4 Esteiras transportadoras

As esteiras estão divididas dentro do processo de envase da seguinte forma:

- ✓ Esteira entre a peneira e o elevador de canecas (FIGURA 20);
- ✓ Esteira que transporta os potes vazios até a máquina de envase;
- ✓ Esteira que transporta os potes que saem da máquina de envase até a tampadora.
- ✓ Esteira da tampadora até a máquina rotuladora;
- ✓ Esteira da rotuladora;
- ✓ Esteira da rotuladora até a máquina de embalagem;
- ✓ Esteira de saída da máquina de embalagem.

Todas as esteiras transportadoras possuem motor redutor e mancais com rolamento que necessitam de lubrificação.

FIGURA 20- ESTERIA TRANSPORTADORA ANTES DA MÁQUINA DE ENVASE



FONTE- Empresa estudo de caso (2016)

Os riscos de contaminação por lubrificantes podem ser classificados como alto antes da máquina tampadora e baixo ou praticamente nulo após os potes já estarem fechados.

5.9.5 A máquina de envase

A máquina de envase possui pontos que necessitam de lubrificação na parte superior e inferior, na parte superior é o local onde está a balança giratória.

FIGURA 21- BALANÇA GIRATÓRIA

Balança giratória com
canecas

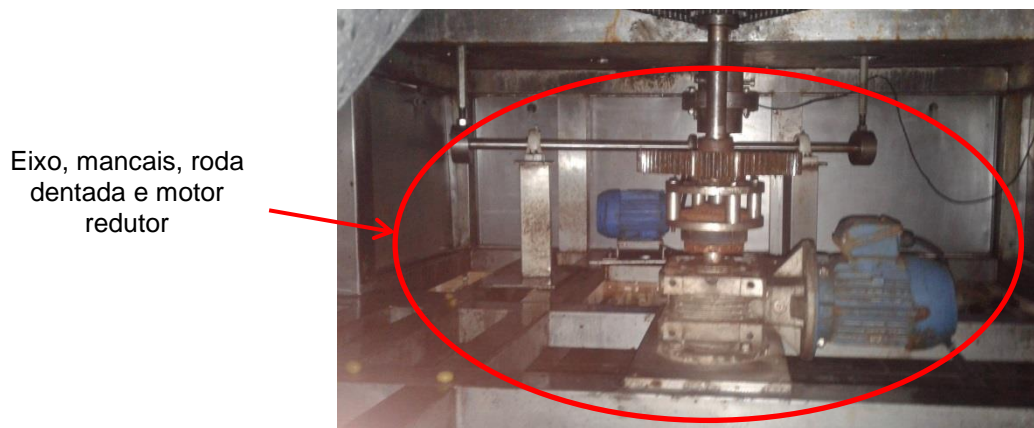


FONTE – Empresa estudo de caso (2016)

A lubrificação é realizada após a retirada das canecas. Atualmente utiliza-se o óleo Spray Atóxico Molysil Multiuso FG. O risco neste caso é considerado moderado, pois mesmo com lubrificante atóxico, o contato com o alimento é eminente e em grande quantidade pode gerar riscos à saúde humana.

Na parte inferior da máquina (FIGURA 22), todo o sistema de transmissão da parte giratória do carrossel necessita de lubrificação. O sistema de transmissão é composto por dois motores redutores, um eixo vertical com uma roda dentada e outro eixo transversal com quatro mancais.

FIGURA 22- PARTE INFERIOR DA MÁQUINA DE ENVASE



FONTE- Empresa estudo de caso (2016)

Por ser na parte inferior da máquina, a criticidade dos pontos de lubrificação quanto ao risco de contaminação é baixo, mas existe. Neste caso, a criticidade da lubrificação está ligada a conservação e bom funcionamento dos elementos citados anteriormente.

5.9.6 Enchimento de salmoura

Nesta etapa do processo, os potes são completados com a salmoura ácida. O equipamento que faz o enchimento não tem nenhum ponto de lubrificação. Os pontos indicados na (FIGURA 14) correspondem aos pontos da esteira transportadora, e a mesma já foi apresentada na seção 5.9.4.

5.9.7 Tampadora

A máquina realiza o fechamento do pote de vidro, sua função é a inserção da tampa nos potes de azeitonas. Essa máquina tem três pontos de lubrificação.

O primeiro ponto de lubrificação fica no mecanismo que realiza a inserção da tampa nos potes (FIGURA 23), o lubrificante utilizado é o óleo Spray Atóxico Molysil Multiuso FG, nesse ponto apesar do lubrificante ser atóxico,

existe o risco de contaminação devido a proximidade do mecanismo, e de o pote ainda estar aberto.

FIGURA 23- MECANISMO DA MÁQUINA QUE FECHA OS POTES DE AZEITONAS

Mecanismo com
roldanas e cilindro



FONTE – Empresa estudo de caso (2016)

O segundo ponto está na esteira transportadora que conduz o pote sem tampa até a inserção da mesma, levando o pote fechado até a próxima operação, os pontos da esteira são os mesmo apresentados na seção 6.5.4.

O terceiro ponto de lubrificação fica na parte externa no equipamento que alimenta as tampas (FIGURA 24).

FIGURA 24- ALIMENTADOR DE TAMPAS

Motor redutor/
Mancais



FONTE – Empresa estudo de caso (2016)

Nesse equipamento, os pontos de lubrificação são os eixos com mancais em cima e embaixo. A lubrificação é realizada com graxa Molytour GF-00, o risco nesse equipamento é um possível vazamento do óleo do redutor que pode contaminar as tampas e depois as azeitonas.

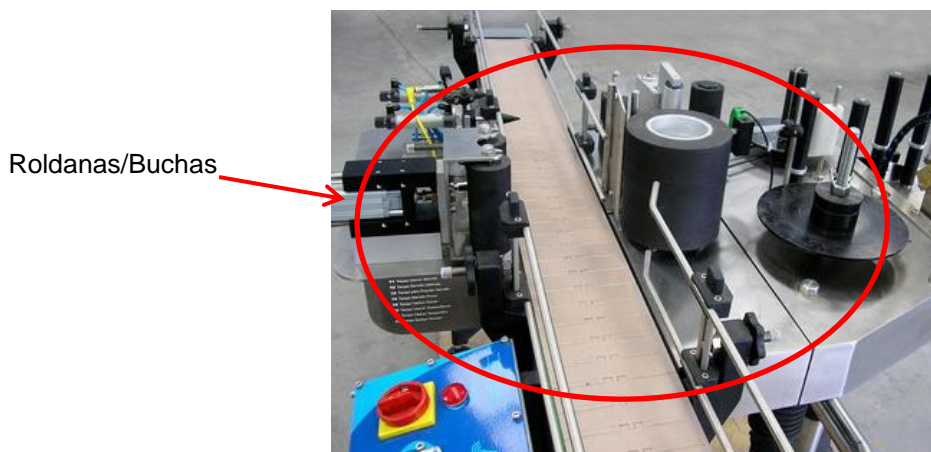
5.9.8 Túnel de resfriamento

O túnel de resfriamento serve para ajudar baixar a temperatura dos potes de azeitonas. Ele é composto por três ventiladores e a esteira de passagem, e todos necessitam de lubrificação. Mas os pontos de lubrificação não oferecem risco de contaminação, pois os potes já estão fechados.

5.9.9 Máquina rotuladora automática de passagem

A máquina rotuladora automática, efetua a colagem do rótulo e do lacre no pote de vidro quando o mesmo é transportado pela esteira até a próxima operação (FIGURA 25).

FIGURA 25- FOTO ILUSTRATIVA DA MÁQUINA ROTULADORA



FONTE - <http://www.engarrafe.com.br/> Acesso em 27/05/2016

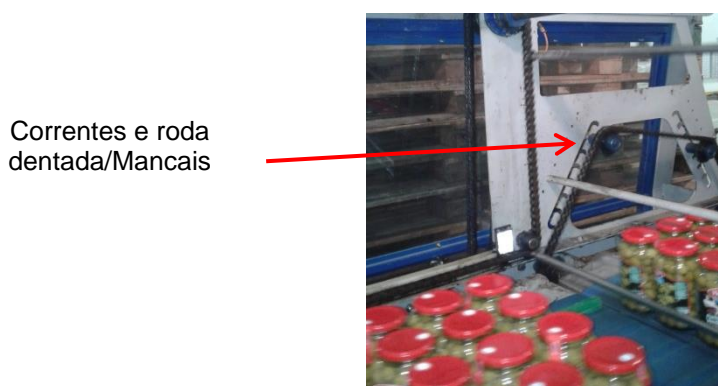
Os pontos de lubrificação são: as buchas, eixo com rosca sem fim e roldanas, nenhum é considerado ponto crítico de controle, pois não oferecem

riscos de contaminação ao produto, afinal nessa etapa os potes já estão fechados.

5.9.10 Máquina de embalagem

A máquina de embalagem agrupa os potes de azeitonas 3x4 formando um fardo com 12 potes de vidro (FIGURA 26).

FIGURA 26- MÁQUINA DE EMBALAGEM



FONTE – Empresa estudo de caso (2016)

Esta máquina tem vários pontos de lubrificação, são eles: motor redutor, rodas dentadas, correntes, mancais com bucha e com rolamentos. Todos os pontos são críticos quanto ao funcionamento do equipamento, mas não oferecem risco de contaminação pois os potes já estão fechados.

5.10 RELAÇÃO DOS PONTOS CONSIDERADOS PCC

Para relacionar os pontos de lubrificação quanto a criticidade, considerando o componente versus máquina ou equipamento onde está instalado, foram estipulados pesos atribuídos ao fator de risco que o ponto de lubrificação oferece ao produto:

- Alta: grande possibilidade de ocorrer a contaminação acidental do alimento;
- Moderada: existe a possibilidade de ocorrer a contaminação;

- Baixa: praticamente não existe o risco de ocorrer a contaminação;
- NA: não aplicável, não tem relação ou não existe;

QUADRO 18- RELAÇÃO DE CRITICIDADE DOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO

	VIRADOR	ELEVADORES DE CANECA	ESTEIRAS (AZEITONAS A GRANEL)	MÁQUINA DE ENVASE	ESTERIRAS (POTES ABERTOS)	ENCHIMENTO DA SALMOURA	TAMPADORA	TUNEL DE RESFRIAMENTO	ROTULADORA	MÁQUINA EMBALAGEM
Motor redutor	NA	Alta	Alta	Moderada	Moderada	NA	Moderada	Baixa	Baixa	Baixa
Mancal com rolamento	NA	Alta	Alta	NA	Moderada	NA	Moderada	Baixa	NA	Baixa
Mancal com bucha de bronze	Alta	NA	NA	Moderada	NA	NA	Moderada	NA	Baixa	NA
Roda dentada corrente	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Baixa
Roldanas	Alta	NA	NA	Moderada	NA	NA	Moderada	NA	Baixa	Baixa
Cilindro hidráulico	Alta	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

FONTE - O autor (2016)

Considerando que todos os pontos de lubrificação pertencem as máquinas e equipamentos que estão direta ou indiretamente em contato com os alimentos, todos devem ter uma contramedida, até mesmo para as classificações mais baixas.

5.11 FMEA DOS PONTOS CRITICOS DE CONTROLE (PCC)

A ferramenta FMEA foi utilizada nesse caso para validar a classificação realizada no (QUADRO 18), pois como se trata de pontos críticos que podem afetar diretamente a integridade do produto, a empresa precisa atuar com medidas preventivas para evitar uma possível contaminação.

No caso da classificação de severidade, foi utilizado o seguinte critério:

- Severidade 10: quando o risco de contaminação é eminente e os lubrificantes não são de classe alimentícia;
- Severidade 10: quando afeta o funcionamento da máquina ou equipamento;
- Severidade 8: quando existe o risco de contaminação, mas o lubrificante utilizado é de grau alimentício;
- Severidade 3: quando o risco de contaminação é baixo, mas pode ocorrer.

Para a ocorrência, foi considerando o número de falhas relacionadas a lubrificação classificadas no (GRÁFICO 3).

Para a detecção, foi considerado severidade 10 para todos, pois o único meio de monitoramento é visual, ou seja, em uma detecção visual a possibilidade do problema voltar a acontecer é alta.

Assim, considerando os valores do NPR, do mais alto até o mais baixo, todos tiveram ações para prevenir e reduzir o risco de contaminação, pois uma vez que existe a probabilidade de ocorrer, por mais baixa que seja, deve haver uma contenção.

5.11.1 Plano de ação para os PCC

As ações estão especificadas para cada modo de falha relacionadas aos componentes considerados críticos (QUADRO 19). A maioria das ações foram atribuídas ao plano de lubrificação como prevenção.

Os valores do NPR após a realização das ações zeraram, isso aconteceu devido a ocorrência dos problemas de lubrificação terem sido eliminados.

QUADRO 19- FMEA DOS PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE REFERENTE A LUBRIFICAÇÃO CT007.1

FMEA- ANÁLISE DO MODO DE FALHA E SEUS EFEITOS																
Data: 05/06/16										Nº FMEA: 0012						
Projeto: Lubrificação das máquinas linha CT007.1										Revisão: 02						
Máquina/Componente:										Proposta por: Jones Anschau						
Item Função	Modo de Falha	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Causa Potencial de Falha	Ocorrência	Controle Preventivo Atual	Controle de Detecção Atual	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável /Data	Ação Realizada	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR
Motor Redutor	Quebra da engrenagem	Máquina parada	10	Falta de lubrificação	1	Verificar se tem óleo	Visual	10	100	Cronograma de inspeção de lubrificação	Autor 31/10/16	100%	10	0	10	0
	Desgaste do redutor	Contaminação dos alimentos	10	Vazamento de óleo	5	Verificar se tem vazamento	Visual	10	500	Bandeja de proteção	Manutenção 15/11/16	100%	10	0	10	0
Mancais	Travamento do eixo	Máquina parada	10	Falta de lubrificação	2	Verificar se tem graxa	Visual	10	200	Cronograma de inspeção de lubrificação	Autor 31/10/16	100%	10	0	10	0
	Falta de critério para lubrificação	Contaminação dos alimentos	8	Excesso de lubrificação	3	Verificar o excesso de graxa	Visual	10	240	Criar instrução de lubrificação	Autor 31/10/17	100%	10	0	10	0
Correntes	Travamento ou rompimento da corrente	Máquina parada	10	Falta de lubrificação	2	Verificar se tem graxa	Visual	10	200	Cronograma de inspeção de lubrificação	Autor 31/10/18	100%	10	0	10	0
	Falta instrução de lubrificação	Contaminação dos alimentos	8	Excesso de lubrificação	5	Limpar excesso	Visual	10	400	Criar instrução de lubrificação	Autor 31/10/19	100%	10	0	10	0
Cilindro hidráulico	Rompimento da mangueira ou conector	Contaminação dos alimentos	10	Vazamento de óleo	3	Verificar mangueira e conectores	Visual	10	300	Criar instrução de verificação-IT	Autor 31/10/20	100%	10	0	10	0
Engrenagem /Roda dentada	Quebra da engrenagem	Máquina parada	10	Falta de lubrificação	4	verificar se tem graxa	Visual	10	400	Cronograma de inspeção de lubrificação	Autor 31/10/21	100%	10	0	10	0
	Falta de critério para lubrificação	Contaminação dos alimentos	8	Excesso de lubrificação	5	Limpar excesso	Visual	10	400	Criar instrução de lubrificação	Autor 31/10/22	100%	10	0	10	0
Mecanismo	Travamento do sistema	Máquina parada	10	Falta de lubrificação	2	Verificar se tem óleo	Visual	10	200	Cronograma de inspeção de lubrificação	Autor 31/10/23	100%	10	0	10	0
	Falta de critério para lubrificação	Contaminação dos alimentos	3	Excesso de lubrificação	2	Limpar excesso	Visual	10	60	Criar instrução de lubrificação	Autor 31/10/24	100%	10	0	10	0

FONTE- O autor (2016)

5.12 PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PARA LINHA CT 007.1

O plano de lubrificação foi elaborado utilizando as informações apresentadas até aqui. Cada ponto de lubrificação foi avaliado considerando a característica e o ambiente de trabalho onde cada elemento da máquina está exposto, por exemplo: os moto redutores, mesmo estando em máquinas e equipamentos diferentes, o princípio de funcionamento e o óleo utilizado é o mesmo para todos, portanto foi elaborada uma única instrução de trabalho contemplando todos.

A periodicidade de lubrificação foi estipulado analisando as recomendações dos fabricantes e, principalmente, o ambiente de trabalho em que cada componente está exposto. Como a linha utiliza salmoura ácida para conservar os produtos, e toda sexta feira, no final do segundo turno é realizada a higienização do maquinário utilizando muita água, foi considerada uma frequência de verificação e lubrificação semanal podendo ser alterada conforme necessidade.

Para cada máquina ou equipamento foi desenvolvido um plano específico de lubrificação, no formato de um calendário, o plano aborda um procedimento preventivo de cada máquina e equipamento, visando melhorar o desempenho do maquinários e a redução dos riscos de contaminação. Não foi considerado neste plano, conceitos preditivos de análise de óleo, pois a quantidade de óleo utilizado não justifica os custos com análises laboratoriais.

Para ilustrar o modelo do plano de lubrificação em forma de calendário, será apresentado a seguir o plano de lubrificação da máquina de envase, a apresentação será dividida em três partes, pois o plano completo está no formato A1, dificultando a apresentação no formato A4.

A (FIGURA 27) mostra a legenda na parte inferior esquerda do calendário, ela é auto explicativa e contempla quatro atividades, entre elas a lubrificação. Algumas legendas são definidas por cor e símbolos para facilitar a visualização.

FIGURA 27- CALENDÁRIO DE LUBRIFICAÇÃO DA MÁQUINA DE ENVASE (PARTE INFERIOR ESQUERDA)



FONTE – O autor (2016)







Os símbolos da legenda estão relacionados em formas geométricas e por cor, onde cada um representa uma atividade ou status. O quadrado dividido em quatro triângulos representa o status da atividade, o triângulo inferior na cor amarela, significa que a atividade está planejada, o triângulo do lado esquerdo na cor azul, significa que a atividade não foi executada e precisou ser reprogramada o do lado direito na cor vermelha, indica que ocorreu uma falha por falta de lubrificação ou de limpeza e o superior na cor preta, significa que a atividade foi executada.

A parte superior direita do calendário (FIGURA 28) contempla as seguintes informações:

- ✓ Ponto de atividade: Identifica-se a sequência das atividades e também é utilizado para facilitar a identificação do local;
- ✓ Local: Especifica-se em qual local da máquina o lubrificador deve ir;
- ✓ Simbologia: Utiliza-se a simbologia e as siglas da legenda, essa mesma simbologia tem uma sequência e pode ser colada sobre o local onde deve ser realizada a atividade;
- ✓ Atividade: Breve descrição da atividade a ser realizada;
- ✓ Método/utensílio: Símbolos que representam as atividades a serem executadas;
- ✓ Nível de risco: Classifica se a atividade tem risco de segurança ou de contaminação alto, médio ou baixo.
- ✓ Tempo: Tempo de execução estimado para cada atividade em minutos;
- ✓ Frequência: período determinado para execução de cada atividade, utiliza-se a nomenclatura da legenda;
- ✓ Estado da máquina: mostra se a atividade pode ser executada com a máquina trabalhando ou parada.

As informações de cada linha indicam uma atividade, a qual está relacionada com a data e o tempo de execução. (FIGURA 28).

FIGURA 28- CALENDÁRIO DE LUBRIFICAÇÃO DA MÁQUINA DE ENVASE (PARTE SUPERIOR ESQUERDA)

CALENDÁRIO- PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO										
PONTO ATIVIDADE	LOCAL	SIMBOLOGIA		ATIVIDADE	MÉTODO/ UTENSÍLIO	IT	NÍVEL DE RISCO A -> ALTO M -> MÉDIO	TEMPO (EM MIN)	FREQ	ESTADO DA MÁQUINA P = PARADA O = OPER..
<div>1</div> <div></div>	Parte frontal e sistema de segurança		LI - 01	Limpar a mesa (parte frontal)		IT 001	B	1	D	P
			IN - 01	Inspecionar o funcionamento da lâmpada (led)de segurança do avental		IT 002	B	0,3	D	P
			LI - 04	Limpar eixo de deslocamento do painel de comando		IT003	B	2	3D	P
			LU - 01	Lubrificar barra roscada da mesa		IT004	B	2	M	P
			LU - 02	Lubrificar mesa da matriz		IT004	B	2	S	P
TOTAL										
										103,6
Tempo Realizado (Min. / Dia)										

FONTE – O autor (2016)

A parte esquerda (FIGURA 29) apresenta a calendarização das atividades descritas nas linhas da (FIGURA 28). Todas as atividades descritas nas linhas foram planejadas, o dia para execução corresponde ao triângulo inferior pintado de amarelo, os outros permanecem em branco até o dia planejado.

Diariamente, o lubrificador deve verificar a atividade, pegar a IT relacionada a atividade, ir até o local indicado e executar a atividade, após finalizar, ele deve pintar o triângulo superior de preto indicando que a atividade foi concluída. Caso ocorra algum imprevisto ou a máquina ou equipamento não esteja trabalhando no dia, o lubrificador deve pintar o triângulo do lado esquerdo de azul, indicando que a atividade deve ser replanejada ou o direito na cor vermelha, indicando que a máquina quebrou por falta de limpeza ou de lubrificação.

Nos dias em que a máquina não trabalha, nos finais de semana por exemplo, o lubrificador deve escrever a letra “P” sobre o triângulo amarelo, indicando que a máquina ficou parada.

Os tempos indicados em cada coluna correspondente ao dia no qual a atividade foi planejada serve para comparar o tempo planejado com o tempo real de execução, portanto, ao finalizar a atividade o lubrificador deve registrar o tempo que levou para realizar a atividade logo abaixo do tempo planejado. No campo abaixo na mesma coluna o lubrificador deve ainda pintar o Pareto indicando em percentual o quanto que a atividade foi realizada. Diariamente o líder (Condutor) da área deve conferir se a atividade foi executada e assinar a coluna correspondente e uma vez na semana o mesmo deve ser feito pelo supervisor da área.

Esse calendário ou plano de lubrificação deve ser recolhido no final de cada mês e arquivado junto com a documentação da máquina, então um novo calendário deve ser disponibilizado na máquina pela equipe de planejamento.

FIGURA 29- PLANO DE LUBRIFICAÇÃO DA MÁQUINA ENVASADORA (PROGRAMAÇÃO POR TURNO)

LUBRIFICAÇÃO			MÁQUINA:										Envasadora																
TEMPO (EM MIN)	FREQ	ESTADO DA MÁQUINA P = PARADA Q = OPER.	sáb	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	seg	ter
			00	02	03	04	05	06	07	09	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	30	31
			1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T	1ª T
1	D	P																											
0,3	D	P																											
2	3D	P																											
2	M	P																											
2	M	P																											
TOTAL																													
		105,6	3,3	7,8	1,3	3,3	5,3	1,3	3,3	7,8	1,3	3,3	7,3	3,3	3,3	7,8	1,3	3,3	5,3	1,3	3,3	7,8	1,3	3,3	5,3	1,3	3,3	7,8	1,3
META	CUMPRIMENTO DO																												
	100%																												
	90%																												
	80%																												
	70%																												
	60%																												
	50%																												
	40%																												
	30%																												
	20%																												
Condição Diária	OK																												
	NOK																												
Supervisor 1X/SEM	OK																												
	NOK																												

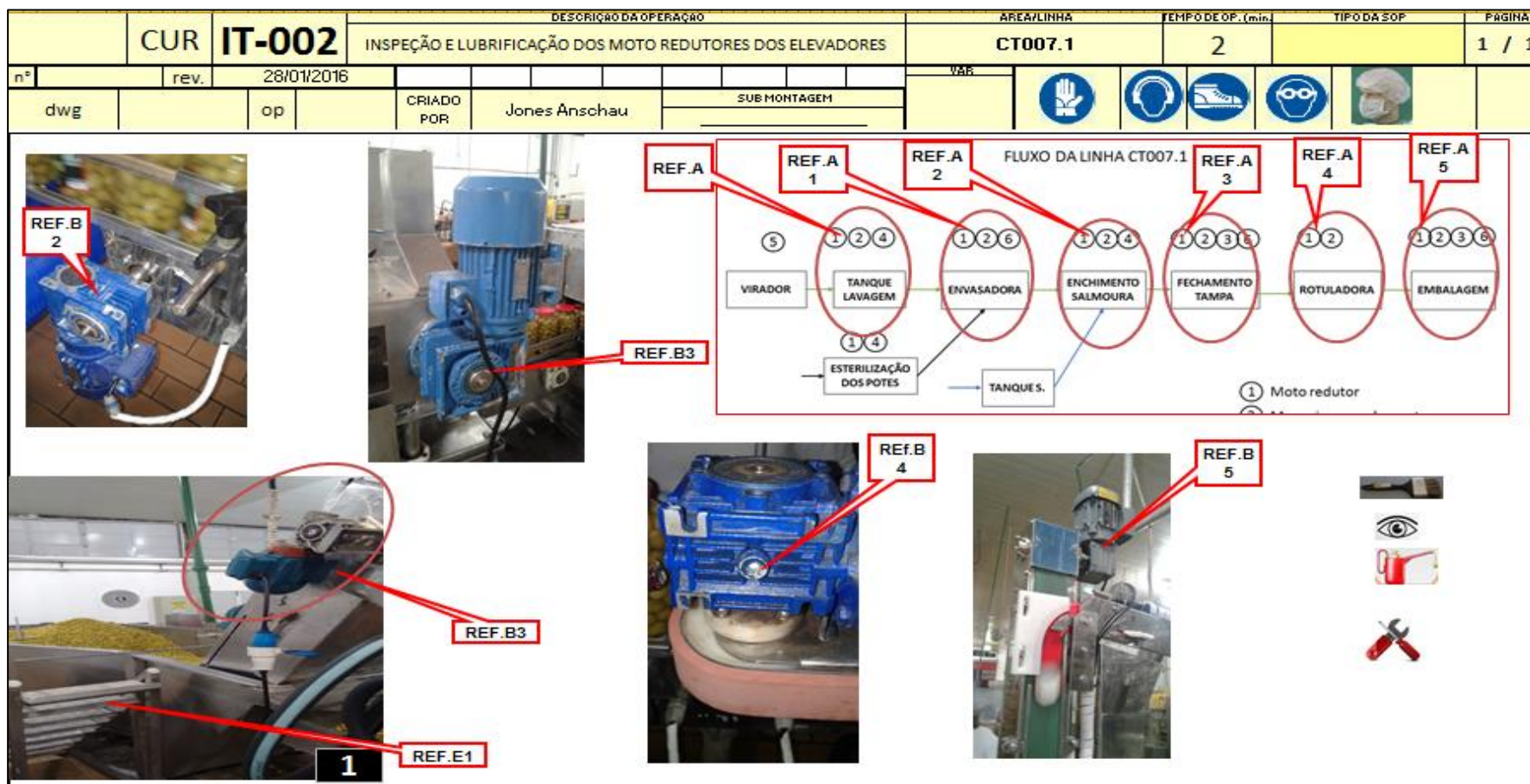
FONTE – O autor (2016)

5.12.1 Instrução de Trabalho (IT)

As instruções de trabalho (IT) de cada atividade foram elaboradas verificando a sequência das atividades, os EPIs necessários, os equipamentos necessários para cada atividade e os lubrificantes adequados. Quando a máquina ou equipamento utilizar lubrificantes que não sejam de grau alimentício a recomendação é que o componente ou equipamento seja substituído e a lubrificação e os reparos sejam realizados em locais adequados fora da área fabril.

A (FIGURA 30) mostra a instrução de trabalho para realizar as atividades de inspeção, limpeza e lubrificação dos motor redutores de toda a linha de envase CT007.1, foi adotado um IT genérica, pois todos utilizam o mesmo óleo lubrificante de base mineral. Para o lubrificado realizar as atividades, basta verificar onde estão situados os redutores, lado superior direito da (FIGURA 30) e seguir as instruções descritas na parte inferior (QUADRO 20). As demais IT seguem a mesma lógica da IT002.

FIGURA 30- IT DE LUBRIFICAÇÃO DOS MOTOR REDUTORES



FONTE – O autor (2016)

QUADRO 20- IT DE LUBRIFICAÇÃO DOS MOTOR REDUTORES

ELEM.	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	ELEM.	DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	ELEM.	PLANO DE RAÇÃO EM CASO DE VAZAMENTO
1	O LUBRIFICADOR deve deslocar-se até as máquinas (REF.A) (REF.A2) (REF.A3) (REF.A4) (REF.A5)		o LUBRIFICADOR deve abrir uma OS e assinar os técnicos.		1º) Operador deve isolar a área com o Kit de contenção
					, abrir uma OS para manutenção.
	Quando o moto redutor for nos elevadores o lubrificador deverá utilizar utilizar escada REF E1 e todos os EPI de segurança.		Troca do óleo previsto em funcionamento normal 6000 horas ou no máximo 18 meses		2º) A manutenção deve isolar a área, substituir o equipamento
	O LUBRIFICADOR deve verificar se existe algum tipo de vazamento				limpar a área removendo qualquer indícios de vazamento.
	no Bujão ex. REF B4 ou no mancal REF B3.				3º) A manutenção deve retirar o equipamento com vazamento para
	O LUBRIFICADOR deve verificar se apresenta ruído anormal .				fora da área de produção para evitar riscos de contaminação.
	Em caso do moto redutor apresentar um dos dois problemas				4º) A manutenção do equipamento com vazamento deve ser
					fora da área de produção para evitar riscos de contaminação.

FONTE – O autor (2016)

5.13 PLANO DE TREINAMENTO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO

O departamento de RH, em conjunto com a área de manutenção, agendaram um treinamento dividido em duas etapas: a primeira foi apresentar a parte conceitual do método e suas vantagens; a segunda foi um treinamento prático realizado na linha CT007.1 utilizando o plano de lubrificação e as instruções de trabalhos aqui desenvolvidos.

A empresa decidiu que todos os técnicos da manutenção e todos os gestores, tanto da manutenção quanto da produção, deveriam participar do treinamento. Depois do treinamento os gestores decidiram que o treinamento deveria ser expandido para os operadores de produção, com a finalidade de passar as atividades de lubrificação para a produção, ficando apenas os reparos de vazamento para a manutenção. A verificação da eficácia dos treinamentos ficou como responsabilidade dos supervisores de produção, os mesmo devem conferir a lubrificação realizada e algumas vezes acompanhar a atividade executada pelos operadores. Após a realização de cada atividade, o operador deve registrar e assinar o calendário.

5.14 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Nas visitas realizadas a empresa e nos dados levantados, não foi possível evidenciar indicadores de manutenção como: Disponibilidade $A(t)$, $MTTR(t)$ e $MTBF(t)$.

A empresa realiza as análises utilizando gráfico de Pareto para identificar as principais paradas, mas também não foi possível constatar tratativas ou planos de solução para atacar as principais causas.

Assim, este trabalho propõe trabalhar com indicadores citados anteriormente, mostrando os resultados obtidos por meio da classificação das falhas, realizadas na seção 5.3.2 e utilizando as fórmulas da seção 2.8.1.

5.14.1 Análise dos indicadores da linha CT007.1

Para calcular o $MTTR(t)$, foram somadas todas as paradas que ocorreram de janeiro a outubro de 2015 (Período i), depois foi somado o total de horas da linha parada. Assim, utilizando a equação 3.0, seção 2.8.1.

$$MTTR(t) = \frac{439,32 \text{ horas}}{688 \text{ falhas}}$$

$$MTTR(t) = 0,6385 \text{ horas}$$

Para o $MTBF(t)$ e a disponibilidade geral da linha $A(t)$, foram utilizadas as equações 2.0 a 2.9 da seção 2.8.1. Desta maneira foi possível elaborar uma planilha de cálculo, mas antes foi necessário levantar o tempo disponível da linha entre cada parada (Período i), uma vez que a fonte de dados da empresa não apresentava esses valores.

Após levantamento das horas, foi realizada a soma acumulada dos valores “t” que podem ser observados na (TABELA 6) abaixo:

TABELA 6- CÁLCULO DA FUNÇÃO DE INTENSIDADE DE FALHA E DE MTBF EM CADA MOMENTO DE FALHA DA LINHA CT007.1

Período i	t	ln(t)	m(t)	m(ti-ti-1)	r(t)	MTTF
1	0,173333	-1,75254	128,3246		164,2707	0,006088
2	0,923333	-0,07976	185,9969	57,67234	44,69714	0,022373
3	1,206667	0,187862	197,3765	11,37958	36,29448	0,027552
4	2,04	0,71295	221,7661	24,38965	24,12113	0,041457
5	3,29	1,190888	246,5764	24,81022	16,62984	0,060133
6	4,54	1,512927	264,8406	18,26426	12,94378	0,077257
.....
.....
680	2394,522	7,780939	1064,138	0,016435	0,098608	10,14117
681	2403,439	7,784656	1065,016	0,877983	0,098323	10,17054
682	2412,945	7,788603	1065,95	0,93329	0,098022	10,20183
683	2413,529	7,788845	1066,007	0,057174	0,098003	10,20375
684	2421,802	7,792267	1066,817	0,809734	0,097743	10,23096
685	2422,819	7,792687	1066,916	0,099355	0,097711	10,2343
686	2424,602	7,793423	1067,09	0,174201	0,097655	10,24016
687	2425,935	7,793972	1067,22	0,130178	0,097613	10,24454
688	2428,452	7,795009	1067,466	0,24556	0,097534	10,25281

FONTE – O autor (2016)

Para entender os dados: $m(t)$ é o número de falhas acumuladas, “ t_i ”, $m(t_i - t_{i-1})$ é o número de falhas dentro desse período, enquanto o $r(t)$ é a taxa de ocorrência de falha ROCOF. $A(t)$ apresenta os valores individuais para cada instante de parada, portanto, para as 688 paradas apontadas, o MTBF(t) é 10,2528 horas com um ROCOF de 0,097534.

A disponibilidade pode ser obtida utilizando a equação 3.1 da seção 2.8.1. Assim:

$$A(t) = \frac{MTBF(t)}{MTBF(t) + MTTR(t)} = A(t) = \frac{10,2528}{(10,2528 + 0,6385)} = 0,9413$$

Portanto, temos os indicadores gerais da linha CT007.1 apontados no período de janeiro a outubro de 2015, que são:

- MTTR(t) = 0.6469 horas;
- MTBF(t) = 10,19431 horas;
- ROCOF = 0,098094;
- A(t) = 94 %.

5.14.2 Análise dos indicadores da linha CT007.1 relacionados a lubrificação

Para os indicadores relacionados as paradas ocasionadas por uma lubrificação ineficiente, o método de cálculo é o mesmo apresentado no capítulo anterior, o que muda são os dados. Neste caso, os dados utilizados são o total das falhas do período, menos as 75 falhas provenientes da classificação realizada na seção 5.3.2.

Para calcular o MTTR(t) neste caso, já se tem o número de falhas, portanto foi preciso apenas efetuar a soma das horas de linha parada, assim:

$$MTTR(t) = \frac{396,48 \text{ horas}}{612 \text{ falhas}}$$

$$MTTR(t) = 0,6478 \text{ horas}$$

Para o MTBF(t), considerando o número de falhas (Período i) e a somatória acumulada dos tempos disponível entre falhas é possível determinar:

TABELA 7 - CÁLCULO DA FUNÇÃO DE INTENSIDADE DE FALHA E DE MTBF EM CADA MOMENTO DE FALHA LINHA CT007.1 SEM AS FALHAS RELACIONADAS A LUBRIFICAÇÃO

Período <i>i</i>	<i>t</i>	ln(<i>t</i>)	<i>m</i> (<i>t</i>)	<i>m</i> (<i>t_i-t_{i-1}</i>)	<i>r</i> (<i>t</i>)	MTTF
1	0,173333	-1,75254	125,3776		164,086	0,006094
2	0,923333	-0,07976	183,2396	57,86193	45,01883	0,022213
3	1,206667	0,187862	194,7087	11,46917	36,60426	0,027319
4	2,04	0,71295	219,3392	24,6305	24,39044	0,041
5	3,29	1,190888	244,4568	25,11752	16,85542	0,059328
6	4,54	1,512927	262,9837	18,52698	13,14034	0,076102
.....
.....
604	2089,729	7,644789	1056,892	0,019122	0,114729	8,716168
605	2098,645	7,649047	1057,914	1,02132	0,114352	8,744909
606	2108,152	7,653567	1058,999	1,08521	0,113953	8,775521
607	2108,735	7,653844	1059,065	0,066466	0,113929	8,777398
608	2117,009	7,657759	1060,007	0,941146	0,113585	8,804011
609	2118,025	7,658239	1060,122	0,115456	0,113542	8,80728
610	2119,809	7,659081	1060,324	0,202418	0,113469	8,813013
611	2121,142	7,65971	1060,476	0,151255	0,113413	8,817298
612	2123,659	7,660896	1060,761	0,285293	0,11331	8,825385

FONTE – O autor (2016)

Com o MTBF(t) de 8,8253 horas na falha 612, é possível estipular a disponibilidade A(t), assim:

$$A(t) = \frac{MTBF(t)}{MTBF(t) + MTTR(t)} \Rightarrow A(t) = \frac{8,8253}{(8,8253 + 0,6478)} = 0,9316$$

Assim, pode-se dizer que os indicadores referentes as paradas relacionadas a lubrificação resultaram em:

- O tempo médio de reparo não teve mudanças significativas, pois o MTTR(t), incluindo as falhas relacionadas a lubrificação, foi de 38,3 minutos, enquanto sem as falhas relacionadas a lubrificação foi 38,86 minutos;

- O MTBF(t), a diferença foi 85,65 minutos, ou seja, considerando que não existissem as falhas relacionadas a lubrificação, a linha poderia ter produzido 85,65 minutos a mais entre cada falha;
- Analisando a disponibilidade, pode-se dizer que $A(t)$, considerando as falhas relacionadas a lubrificação foi 94,13%, já sem essas falhas foi 93,16%, portanto as falhas relacionadas a lubrificação impactaram praticamente em 1% da disponibilidade da linha.

Esses indicadores mostram que as falhas relacionadas a lubrificação, afetam a disponibilidade da linha CT007.1 em aproximadamente 1%, isso representa em produtividade, considerando que a linha trabalha em dois turnos de 7,75 horas cada, 22 dias em média e 12 meses por ano, chegando a 4092 horas ao ano. Então, dessas 4092 horas, a linha ficou parada 40,92 horas. Como a linha envasa 80 potes de 500g por minuto, pode-se dizer que deixou de envasar 3273 potes.

5.15 RESULTADOS DOS INDICADORES APÓS A IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO

Utilizando o mesmo princípio de comparação anterior, foram comparados os dados de julho a outubro de 2015 com os dados registrados após a implantação do método de lubrificação proposto, considerando o mesmo período em 2016.

5.15.1 Dados de julho a outubro de 2015

Analisando os dados de 2015, foram levantados 311 apontamentos de falhas, o tempo total de parada destas falhas foi de 180,4 horas, considerando entre todas as falhas, 22 relacionadas a lubrificação, tem-se:

$$MTTR(t) = \frac{180,4 \text{ horas}}{311 \text{ falhas}}$$

$$MTTR(t) = 0,6090 \text{ horas}$$

Portanto, o tempo médio de reparo foi 36,54 minutos. O MTBF(t) pode ser observado no resumo da tabela abaixo:

TABELA 8 - CÁLCULO DA FUNÇÃO DE INTENSIDADE DE FALHA E DE MTBF EM CADA MOMENTO DE FALHA ANTES DA APLICAÇÃO DO METODO DE LUBRIFICAÇÃO

Período <i>i</i>	t	ln(t)	m(t)	m(ti-ti-1)	r(t)	MTTF
1	10,59	2,35991	160,4782		3,461184	0,288919
2	36,84667	3,606765	213,3524	52,87422	1,322525	0,756129
3	37,70333	3,629749	214,4753	1,122938	1,299278	0,769658
4	41,53667	3,726577	219,2715	4,796169	1,205744	0,829363
5	55,61	4,018363	234,3829	15,11138	0,96267	1,038777
6	56,52667	4,034713	235,2598	0,87689	0,950602	1,051965
.....
.....
303	881,4253	6,78154	440,5738	0,019029	0,114166	8,759154
304	890,3419	6,791606	441,5879	1,014033	0,113283	8,827446
305	899,8486	6,802227	442,6604	1,072536	0,112358	8,900085
306	900,4319	6,802875	442,7259	0,065526	0,112302	8,904536
307	908,7053	6,812021	443,6518	0,925839	0,111513	8,967599
308	909,7219	6,813139	443,7651	0,113322	0,111416	8,97534
309	911,5053	6,815097	443,9636	0,198542	0,111248	8,988913
310	912,8386	6,816559	444,1119	0,148247	0,111123	8,999056
311	915,3553	6,819312	444,3912	0,279362	0,110887	9,018194

FONTE – O autor (2016)

Na primeira análise, pode-se dizer que o tempo médio entre as falhas dos últimos três meses de 2015, são muito similares ao MTBF(t), considerando o período todo apresentado na tabela.

$$A(t) = \frac{MTBF(t)}{MTBF(t) + MTTR(t)} = A(t) = \frac{9,018}{(9,018 + 0,6090)} = 0,9367$$

A disponibilidade da linha CT007.1 para o período foi de 93,67%, considerada muito elevada.

5.15.2 Dados de julho a outubro de 2016

Os dados coletados representam três meses após o início da lubrificação na linha CT007.1. O número de falhas nesse período foi de 277, e o tempo total de parada foi de 125 horas. Não foi evidenciada nenhuma falha relacionada a lubrificação, portanto, pode-se ver as diferenças em relação ao mesmo período do ano anterior, analisando os indicadores a seguir:

$$MTTR(t) = \frac{125 \text{ horas}}{277 \text{ falhas}}$$

$$MTTR(t) = 0,452 \text{ horas}$$

O MTBF(t) pode ser observado na (TABELA 9) abaixo:

TABELA 9 - CÁLCULO DA FUNÇÃO DE INTENSIDADE DE FALHA E DE MTBF EM CADA MOMENTO DE FALHA DEPOIS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO

Período						
<i>i</i>	<i>t</i>	<i>ln(t)</i>	<i>m(t)</i>	<i>m(ti-ti-1)</i>	<i>r(t)</i>	MTTF
1	23,54	3,158701	148,7326		1,155147	0,865691
2	47,39	3,858411	169,0298	20,29722	0,6521	1,533507
3	62,84	4,140592	177,9789	8,94909	0,517809	1,931212
4	75,2	4,320151	183,9186	5,939671	0,447142	2,236426
5	93,74	4,540525	191,48	7,561385	0,373453	2,677713
6	103,39	4,638508	194,941	3,461056	0,344717	2,900933
.....
.....
269	1722,864	7,451743	326,043	0,681311	0,034599	28,90271
270	1731,984	7,457023	326,3579	0,314861	0,03445	29,02768
271	1734,324	7,458373	326,4384	0,080568	0,034412	29,05972
272	1744,614	7,464289	326,7917	0,353243	0,034246	29,20054
273	1750,954	7,467916	327,0085	0,216798	0,034145	29,28723
274	1755,844	7,470705	327,1752	0,166777	0,034067	29,35405
275	1762,824	7,474673	327,4126	0,237401	0,033957	29,44937
276	1764,474	7,475608	327,4687	0,056007	0,033931	29,47189
277	1769,974	7,47872	327,655	0,186381	0,033844	29,54694

FONTE – O autor (2016)

O valor do tempo médio entre cada falha aumentou consideravelmente. De aproximadamente 9 horas para 29 horas. Isto deve refletir diretamente na disponibilidade.

$$(t) = \frac{MTBF(t)}{MTBF(t) + MTTR(t)} = A(t) = \frac{29,54}{(29,54 + 0,452)} = 0,9849$$

A comparação do antes e depois, mostrou uma evolução após a implantação do método de lubrificação industrial na linha crítica/piloto CT007.1 dentro da empresa estudo de caso, além de não haver mais falhas relacionadas a lubrificação, a empresa também melhorou a disponibilidade da linha. Este fato se deu depois de adotar e controlar os indicadores aqui propostos.

TABELA 10 – COMPARATIVO DOS RESULTADOS
OBTIDOS ENTRE 01 JULHO À 30 OUTUBRO

INDICADORES	2015	2016	Resultado
MTTR	0,6	0,452	0,148
MTBF	9,01	29,54	20,53
Disponibilidade	93,67%	98,49%	4,82%

FONTE – O autor (2016)

Quando a abordagem é lubrificação, três meses pode não ser o suficiente para realizar um comparativo entre o antes e o depois, mas é evidente perceber uma melhora no resultados dos indicadores, pois quando se executa uma gestão adequada de lubrificação também está se reestabelecendo as condições básicas de um equipamento, portanto as falhas continuaram ocorrendo, mas não por falta das condições básicas.

Isso pode ser visto nos três indicadores, o MTTR diminuiu, pois não ocorreu nenhuma falha relacionada a lubrificação, o MTBF aumentou, porque diminuiu a frequência de falhas, com isso, a disponibilidade aumentou, mostrando que houve uma melhorar, mas não chegou a 100%. Essa diferença da disponibilidade mostra que houve a melhora devido a aplicação do método de lubrificação, mas por outro lado é possível verificar que a linha continuou tendo outros tipos de falhas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método de lubrificação industrial dentro da empresa estudo de caso, mostrou as dificuldades reais e a falta de um método voltado para as indústrias alimentícias.

A primeira dificuldade foi em encontrar publicações científicas com abordagens específicas sobre lubrificação industrial na área alimentícias, as publicações encontradas eram sobre lubrificantes de grau alimentício e suas especificações.

Apesar da tecnologia estar presente e atuante no setor industrial, algumas empresas ainda trabalham com coleta de dados manuais e planilhas eletrônicas para registrar os dados. A empresa estudada não é diferente, isso ficou evidente durante a análise dos dados fornecidos.

A falta de clareza e objetividade na descrição das falhas, dificultou a classificação e análise das mesmas. Ainda sobre o apontamento das falhas, também ficou evidente a necessidade de se criar uma lista com os tipos de falhas, separando as falhas relacionadas aos maquinários das falhas relacionadas a ajuste de *setup*, mesmo a manutenção sendo responsável por realizar os ajuste de *setup*.

Outro ponto observado na aplicação do método, foi que as frequências de lubrificação deveriam ser maiores para evitar a deterioração precoce dos elementos de máquinas por corrosão, isso devido a empresa utilizar salmoura ácida em seu processo de envase e muita água para higienização dos maquinários.

Como ponto positivo, ressalta-se a acessibilidade e disponibilidade das pessoas dentro da empresa e na parceria realizada ao implementar o método de lubrificação proposto na linha piloto.

Também deve-se ressaltar o comprometimento da empresa em querer solucionar e resolver os pontos de melhorias levantados durante o mapeamento do processo e dos pontos críticos de controle.

A classificação das falhas proposta neste estudo mostrou que apesar falta de clareza nos dados, pode-se identificar falhas relacionadas a lubrificação e assim fortalecer o método proposto.

Quanto aos indicadores, a empresa não utilizava indicadores de manutenção específicos. Depois da classificação das falhas e utilização dos indicadores aqui apresentados, pode-se ter um acompanhamento individual das falhas e uma visualização mais apurada de onde focar.

Outro ponto importante durante a implantação, foi a decisão da empresa em treinar os operadores de produção para executar a atividade de lubrificação, sinal que os gestores aprovaram o método de lubrificação proposto.

As instruções de trabalho IT mostrando o que, como e quando fazer também foram fatores que ajudaram a garantir a segurança dos operadores e a qualidade do produto.

Apesar do período de três meses não ser muito significativo, mostrou que o método de lubrificação industrial aplicado na indústria de alimentos teve um resultado satisfatório. As falhas relacionadas a lubrificação zeraram, com isso O MTTR(t) passou de 36,56 para 27,12 minutos, já o tempo médio entre falhas MTBF(t) houve um acréscimo de 20,52 horas, ou seja, a linha ficou mais tempo produzindo entre cada falha.

Os resultados dos dois indicadores comparando os dois período refletiram no ganho de disponibilidade $A(t)$ de 4,82%. Isto representa um aumento na produtividade de aproximadamente um milhão de potes de azeitona por ano.

Este estudo não abordou sistemas de lubrificação automáticos, e meios preditivos ligados a lubrificação, ficando aberto a trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ABNT - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 5462, Confiabilidade e manutenibilidade - Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

AFEFY, I. H. **Reliability-centered maintenance methodology and application: a case study**. Engineering, 2(11), 863, 2010.

AGUIAR, D. C. ; SOUZA, H. J. C. ; SALOMON, V. A. P. . **An AHP application to evaluate scoring criteria for failure mode and effect analysis (FMEA)** International Journal of the Analytic Hierarchy Process, v.2, n.1,p1-13, 2010.

AIAG - Automotive Industry Action Group. **Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)**. Manual de Referência, 4ª edição, 2008.

AIT-KADI, D., DUFFUAA, S. O., KNEZEVIC, J., & RAOUF, A. **Handbook of maintenance management and engineering**. Vol. 7. London: Springer, 2009.

ALMEIDA, C. R. **O sistema HACCP como instrumento para garantir a inocuidade dos alimentos**. Higiene Alimentar, p. 12-20 ,1998.

ASSIS, R. **Como avaliar se um equipamento deve ou não ser substituído na perspectiva de um gestor de activos**. In: Congresso APMI – Associação Portuguesa de Manutenção, 2013. Lisboa. Anais do Congresso APMI, Portugal, 2013.

BARAN, L.R. **Proposta de um modelo multicritério para determinação da criticidade na gestão da manutenção industrial**.153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção),Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Ponta Grossa, 2015.

BASILE, O., DEHOMBREUX, P.; RIANE, F.. **Identification of reliability models for non repairable and repairable systems with small samples**. In Proceedings of IMS2004 Conference on Advances in maintenance and modeling, simulation and intelligent monitoring of degradation, Arles (p. 1-8), 2004.

BELINELLI, M.M.. **Desenvolvimento de Método para Seleção de Política de Lubrificação de Máquinas Centrada em Confiabilidade: Aplicação na Indústria Alimentícia**.315f. Tese de Doutorado apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

BELINELLI M.M.;LIMA I.A.;BEHAINNE J.J.R.;RODRIGUES M. **A importância do haccp (hazard analysis and critical control point) na gestão da lubrificação industrial: aplicação do lubrificante adequado para o maquinário do setor alimentício**.XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de outubro de 2010.

BEN-DAYA, M. et al. **Handbook of Maintenance Management and Engineering**. p. 768, 2009.

BERNARD, D. T., & STEVENSON, K. E. (EDS.). **Haccp, establishing hazard analysis critical control point programs: a workshop manual**. FOOD PROCESSORS INSTITUTE, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde – MS. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. **Regulamento Técnico para Condições Higiênicos-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores /Industrializadores de Alimentos**. Brasília: Diário Oficial da União, p. 8, 1997

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria n. 40, de 20 de janeiro de 1998. **Manual de procedimentos no controle da produção de bebidas e vinagres baseado nos princípios do APPCC**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 21 jan.1998 c. Seção 1.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados Aplicados aos Estabelecimentos Produtores/ Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação – BPF em Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos. Brasília: Diário Oficial da União, 2003. 20 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Brasília: Diário Oficial da União, p. 14, 2004.

BRENNAN, J. G., & GRANDISON, A. S. (Eds.). **Food processing handbook**. John Wiley & Sons, Weinheim, Germany, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012.

BUENO W..**Lubrificantes de Grau Alimentício para aIndústria Sucroenergética**, 2012. ABRAMAN - IV SEMINÁRIO DE MANUTENÇÃO NO SETOR SUCRO ALCOOLEIRO. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/222/222.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2016.

COELHO, L.K.; SILVA, G.A.; FILHO, O.P.A.; BORBA, J.L. **Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade à extrusora polimérica**. XI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial, Anais..., Porto Alegre - RS, 2011.

CROW, L. H. **An extended reliability growth model for managing and assessing corrective actions**. In: **Reliability and Maintainability, Annual Symposium-RAMS**. IEEE,. p. 73-80, 2004.

DIAS, J. **Legislação para lubrificantes de grau alimentício**, 2012. Disponível em: <<http://foodsafetybrazil.org/legislacao-de-lubrificantes-de-grau-alimenticio/>> Acesso em janeiro de 2016.

DHILLON, B. S. **Engineering maintenance: a modern approach**. CRC Press, 2002.

DHILLON, B.S. **Maintainability, maintenance and reliability for Engineers**. 1 ed. New York: CRC Press, 2006.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. CRF - **Code of federal regulation title 21. U.S. Food and Drug Administration** - FDA. Disponível em: <<http://www.fda.gov>>. Acesso em janeiro de 2016.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **White Book™ nonfood compounds listings directory**. NSF National Science Foundation. Disponível em: <<http://www.nsf.org/usda/psnclistings.asp>>. Acesso em janeiro de 2016.

FERRÃO, Fábio Miguel Ribeiro. **Fiabilidade e manutenção em veículos de transporte público. Tese de Doutorado**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2009.

GAMA M.. **A verificação no plano HACCP**. FOOD SAFETY BRASIL, 2015. Disponível em: <<http://foodsafetybrazil.org/a-verificacao-no-plano-haccp/#more-10830>> Acesso em fevereiro de 2016.

GEBARIN S.. **The Basics of Food-grade Lubricants**, 2009. Disponível em <<https://www.machinerylubrication.com/Read/food-grade-lubricants-basics>>. Acesso em fevereiro de 2016.

GIARDINA, M., CASTIGLIA, F., & TOMARCHIO, E. **Risk assessment of component failure modes and human errors using a new FMECA approach: application in the safety analysis of HDR brachytherapy**. Journal of Radiological Protection, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo, SP: Atlas, 2008.

GOPALAKRISHNAN, M., BOKRANTZ, J., YLIPÄÄ, T., & SKOOGH, A.. **Planning of Maintenance Activities – A Current State Mapping in Industry**. Procedia CIRP, p. 480-485, 2015.

HERPICH, C., & FOGLIATTO, F. S. **Aplicação de FMECA para definição de estratégias de manutenção em um sistema de controle e instrumentação de turbogeradores**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, p. 70-88, 2013.

HINOJOSA, A., & MILANÉS, A. **Uma introdução aos processos estocásticos com aplicações**. UFMG Belo Horizonte, 2011.

HSU, N.. **Data Quality of Fleet Management Systems in Open Pit Mining: Issues and Impacts on Key Performance Indicators for Haul Truck Fleets**, 2015.

JAPAN INSTITUTE FOR PLANT MAINTENANCE (JIPM). **600 Forms Manual**, 1995.

JUDGE D., **Improving food safety through updating US FDA GMP provisions**. Shell lubricants global brand e sector manager on behalf of sopus products, 2004.

KRIVTSOV, V. V. **Practical extensions to NHPP application in repairable system reliability analysis**. Reability engineering and sistem safety, p. 560-562, 2007.

LIAO, W.; PAN, E; XI, L. **Preventive maintenance scheduling for repairable system with deterioration**. Journal of Intelligent Manufacturing, p. 875-884, 2010.

LINO, HS. **Aplicação de FMEA em sistema de acionamenbto de turbinas a vapor em uma usina de açúcar e bioenergia**. XXX encontro nacional de engenharia de produção, 2010.

MOBLEY, R. K., HIGGINS, L. R., & WIKOFF, D. J. **"Maintenance Engineering Handbook, McGrawHill."** 8 ed. New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney and Toronto. Printed by USA, 2014.

MOUBRAY J.. **Realiability centered maintenance** .Industrial Press 2th ed, 1997.

NEALE, M. J. **Lubrication and reliability handbook**. Published by Butterworth Heinemann, England, 2001.

NP EN ISO 22000:2005. **Sistemas de Gestão de Segurança Alimentar - Requisitos para qualquer organização que opere na cadeia alimentar**. Lisboa:IPQ

PALMER, D. **Maintenance planning and scheduling handbook**. McGraw-Hill Professional Publishing., 3ª edição. New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid ,Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore Sydney Toronto, 2012.

PATTON, J. **Maintainabiliy and Maintenance Managenent**. New York Instrument Society of América., 2005.

PEINADO, J, e Graeml A.R., **"Administração da produção." Operações industriais e de serviços**. Unicenp, 2007.

PEREIRA, F. J. D., e SENA, F. M. V. **Fiabilidade e sua aplicação à Manutenção Polindústria**. Portugal, 2012.

PINTO, A K; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 4 ed, 2012.

PHILLIPS, A. W. **ISO 9001: 2015 Internal Audits Made Easy: Tools, Techniques, and Step-by-Step Guidelines for Successful Internal Audits**. ASQ Quality Press, 2015.

PRODANOV, C. C., & DE FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico - 2ª Edição**. Editora Feevale, 2013 .

RIBEIRO, Giovani C.. **A importância dos critérios de sustentabilidade na definição da criticidade dos equipamentos analisados sob a ótica de RCM2**. Revista Comisión de Integración Energética Regional (CIER), n. 55, p. 3-10, jun. 2010.

ROSA, E. B.. **Indicadores de desempenho e sistema ABC: O uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção**. rev.–Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RUBIN, C . **Fazer a troca do filtro e do óleo lubrificante evita danos e perdas**. revista meio filtrante. Edição Nº 66 - Janeiro/Fevereiro de 2014 - Ano XII. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=16041&link=noticias>>. Acesso em julho de 2016.

SANCHES, D..**Tópicos específicos em eletrônica.Confiabilidade**, 2010. e-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=w7NSBQAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false Acesso em janeiro de 2016.

SELEME, R.. **Manutenção Industrial**. Mantendo a Fabrica em Funcionamento. Curitiba: InterSaberes, 2015.

SELLITTO, M. A;FACCHINI, S. J.**Análise estratégica da gestão da manutenção industrial de uma empresa de metalmecânica**. Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838, p. 49-66, 2014.

STANDARD, B., "**BS 4778: Glossary of terms used in quality assurance (including reliability and maintainability)**." British Standards Institution, London, 1991.

STACHOWIAK, G., & BATCHELOR, A. W.. **Engineering tribology**. Butterworth-Heinemann, 2013.

SUMERLIN S. **Food-grade Lubricants and Their Place in the HACCP Program**, 2010. Disponível em <https://www.machinerylubrication.com>. Acesso em fevereiro de 2016

UNGUREANU, N.; COTETIU, R. **Lubrication of Industrial Equipment – Part of Maintenance Operations**. Scientific bulletin, v. XXVIII, p. 89–92, 2014.

UNITED STATES. DEPARTMENT OF DEFENSE. **Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis**. Department of Defense, 1980.

VIEGAS, G.J.P.. **Levantamento, identificação e classificação de dados para a gestão da manutenção numa empresa industrial**. Doctoral dissertation, Universidade Nova de Lisboa, 119f, 2014.

XAVIER, J. N.. **Indicadores de manutenção**. 2007. <<http://www.dee.ufrn.br/~joao/manut/15%20-%20Cap%EDtulo%2013.pdf>> Acesso em abril de 2016.

ZIO, E., & COMPARE, M.. **Evaluating maintenance policies by quantitative modeling and analysis**. Reliability Engineering & System Safety, p. 53-65, 2013.

ZHU, J.; HE, D.; BECHHOEFER, E. **Survey of Lubrication Oil Condition Monitoring , Diagnostics , and Prognostics Techniques and Systems**. Journal of Science and Technology, v. 2, n. August 2015, p. 100–115, 2013.

WARDHAUGH J.. **Useful key performance indicators for maintenance. Singapore IQPC reliability and maintenance congress presentation. Maintenance, the best practice**. 2004.

WEBER A.; THOMAS I. R.. **Key performance indicators. Measuring and Managing the Maintenance Function**, Ivara, 2005.

WALLANCE C.A. **Safety in Food Processing** in BRENNAN, J. G., & GRANDISON, A. S. (Eds.). **Food processing handbook**. John Wiley & Sons, Weinheim, Germany, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012, p. 351-371.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos**. 5 ed. Bookman editora, 2015.